



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL

Carrera:
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Plan de Tesis del Trabajo de investigación previo a obtener el título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Tema de Tesis:
OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA TEXTIL

Autores:
DANILO BERMEO
FERNANDO SALAZAR

Director de tesis:
ING. VIRGILIO ORDÓÑEZ

SEPTIEMBRE 2013

Guayaquil – Ecuador

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad de los hechos, ideas y doctrinas expuestos en la presente Tesis
Correspondiente a los siguientes autores:

Fernando Pablo Salazar Vallejo
C.I. # 0925493074

Neuwton Danilo Bermeo Matute
C.I. # 0925596074

AGRADECIMIENTO

A Dios por acompañarme durante todo este recorrido y por siempre llenarme de bendiciones, alegría y gozo.

A mis Padres, que me dan todos los valores y amor necesario.

A mis Hermanas que son como mis Padres y que siempre se han preocupado por mí y me han dado la posibilidad de salir adelante.

A mis cuñados que han aportado mucho en mi formación universitaria.

A mi tía Olimpia que es también como mi madre.

A mi queridísima enamorada Cinthya, porque has sido mi apoyo y mi mejor amiga.

A mi compañero de tesis y mejor amigo Fernando Salazar por ser parte de este gran logro desde la época del colegio.

Gracias

Danilo Bermeo Matute

AGRADECIMIENTO

A Dios y la Virgen María por tantas bendiciones a lo largo de mi vida, por escuchar mis oraciones, por cuidarme siempre y por la familia que me han dado.

A mis padres que siempre han estado pendientes de mi superación, mis estudios y de que nada me falte, apoyándome incondicionalmente en todo lo que he necesitado. A mi abuelita por ser una mujer excepcional llena de paciencia y humildad velando por mi incansablemente desde que era un niño.

A mi amigo de tantos años, Danilo Bermeo Matute, por su colaboración y dedicación en este proyecto. A mis amigos y compañeros de la universidad que de alguna manera me brindaron su ayuda a lo largo de esta carrera universitaria.

A la Universidad Politécnica Salesiana, al personal docente que conforma la carrera de Ingeniería Industrial por sus enseñanzas, y de manera especial al Ing. Virgilio Ordoñez, tutor de tesis, y al Ing. Raúl Álvarez , director de carrera, por el tiempo brindado y su valiosa colaboración en la ejecución de este proyecto de grado.

Fernando Salazar Vallejo

DEDICATORIA

Dedicado sobre todo a Dios y de manera especial a mis padres Walter Salazar y Elsa Vallejo y mi abuelita Carmen Toapanta, de quienes era su más grande deseo que yo obtuviera este título, pero sobre todo por siempre brindarme su apoyo incondicional, ser parte importante en mi vida y motivarme para que nunca decaiga en la vida.

Dedicado a toda mi familia

Fernando Pablo Salazar Vallejo

INDICE

	Capítulo I : Presentación	1
1.1	Introducción	2
1.2	Antecedentes	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	Objetivo General	2
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	Alcance	3
	Capítulo II : Marco Teórico	
2.1	Definiciones	5
2.1.1	Aguas Residuales	5
2.1.2	Aguas Pluviales	5
2.1.3	Agua Dulce	6
2.1.4	Agua Subterránea	6
2.1.5	Agua Superficial	6
2.1.6	Agua para uso público Urbano	6
2.1.7	Bioacumulación	6
2.1.8	Bioensayo acuático	6
2.1.9	Capacidad de Asimilación	6
2.1.10	Caracterización de aguas residuales	7
2.1.11	Carga promedio	7
2.1.12	Carga máxima permisible	7
2.1.13	Carga contaminante	7
2.1.14	Contaminación de aguas subterráneas	7
2.1.15	Cuerpo receptor o cuerpo de agua	7
2.1.16	Depuración	8
2.1.17	Descargar	8
2.1.18	Descarga no puntual	8
2.1.19	Efluente	8
2.1.20	Línea Base	8
2.1.22	Línea de fondo	8
2.1.23	Metales pesados	9
2.1.24	Módulo oxígeno disuelto	9
2.1.25	Pesticida o plaguicida	9
2.1.26	Polución o contaminación del agua	9

2.1.27	Río	9
2.1.28	Toxicidad	10
2.1.29	Toxicidad en agua	10
2.1.30	Toxicidad crónica	10
2.1.31	Tratamiento convencional para potabilizar el agua	10
2.1.32	Tratamiento convencional para efluentes	10
2.1.33	Tratamiento avanzado para efluentes	11
2.1.34	Usuario	11
2.1.35	Valores de línea base	11
2.1.36	Valores de fondo	11
2.1.37	Zona de mezcla	11
2.2	Metodología	11
2.3	Tratamiento de Aguas Residuales	13
2.3.1	Pre tratamiento	13
2.3.1.1	Desbaste	14
2.3.1.1.1	Tamices	15
2.3.1.2	Desarenado	15
2.3.1.3	Desengrasado	15
2.3.2	Tratamientos primarios	16
2.3.3	Tipos de procesos	16
2.3.4	Etapas del Tratamiento Físico – Químico	17
2.3.4.1	Coagulación	17
2.3.4.1.1	Neutralización de la carga del coloide	17
2.3.4.1.2	Inmersión en un precipitado o flóculo del barrido	18
2.3.4.1.2.1	Ph	18
2.3.4.1.2.2	Agitación rápida de la mezcla	19
2.3.4.1.2.3	Tipo de coagulante	19
2.3.4.2	Floculación	19
2.3.4.2.1	Coagulación previa lo más pronto posible	20
2.3.4.2.2	Agitación lenta y Homogénea	21
2.3.4.2.3	Temperatura del agua	21
2.3.4.2.4	Características de agua	21
2.3.4.2.5	Tipos de floculantes según su naturaleza	21
2.3.4.3	Coadyuvantes	21
2.3.4.3.1	Corrección de pH	22
2.3.4.3.2	Oxidación de compuestos	22
2.3.4.3.3	Dar peso a las partículas	22
2.3.4.4	Sedimentación	22
 Capítulo III : Marco Legal		
3.1	Marco Legal Ambiental	24
3.2	Legislación Ambiental Ecuatoriana	29

3.2.1	Introducción	29
3.2.2	Objetivos	29
3.3	Normativa ambiental específica	30

Capítulo IV : Descripción de la Planta y sus operaciones

4.1	Descripción General	31
4.2	Descripción del proceso productivo	31
4.2.1	Recepción de materia prima	31
4.2.2	Elaboración de telas	32
4.2.3	Calandra de preparación	33
4.2.4	Tinturado de telas	34
4.2.5	Descrude	35
4.2.6	Neutralizado del tejido	35
4.2.7	Tintura de fibras	36
4.2.8	Centrifugado	36
4.2.9	Rampa termofijadora	37
4.2.10	Bodega de semielaborados	37
4.2.11	Área de trazo y patronaje	40
4.2.12	Área de corte	40
4.2.13	Proceso de unificación	41
4.2.14	Área de estampado	42
4.2.15	Departamento de confección	43
4.2.16	Área de pulido y empaque	44
4.2.17	Proceso de remisión	45
4.2.18	Bodega de producto terminado	45
4.3	Generación de desechos y descargas	46
4.3.1	Manejo de los desechos sólidos	46
4.3.1.1	Manejo de desechos sólidos no peligrosos	47
4.3.2	Descargas líquidas	47
4.3.2.1	Aguas residuales industriales	48
4.3.2.2	Aguas domésticas	48
4.3.2.3	Aguas lluvias	49
4.4	Servicios generales	49
4.4.1	Sistema de abastecimiento de energía eléctrica	49
4.4.2	Sistema de abastecimiento y uso de agua	49

Capítulo V : Características y evaluación del proceso de tratamiento de aguas residuales industriales

5.1	Fuente de Generación de aguas residuales	51
5.2	Determinación de flujos diarios	51
5.3	Características físicas y químicas de las aguas residuales industriales	53
5.4	Diagnóstico y evaluación del sistema de recolección	54
5.5	Diagnóstico y evaluación del sistema de pre tratamiento	55

5.6	Diagnóstico y evaluación de sistema del tratamiento primario	55
Capítulo VI : Optimización de la Planta		
6.1	Introducción	57
6.1.1	Resultados de análisis físicos y químicos	57
6.1.2	Trabajo previo a la tratabilidad	58
6.1.2.1	Disminución de la temperatura	58
6.1.2.2	Homogenización del agua	59
6.1.2.3	Habilitar la unidad de filtrado	59
6.1.2.4	Concienciación al personal operativo	60
6.2	Nuevo sistema de pre tratamiento	61
6.3	Nuevo proceso de tratamiento primario	61
6.4	Entrenamiento y capacitación en la operación de la unidad de tratamiento	62
6.4.1	Entrenamiento y Capacitación	62
6.4.2	Compra de materiales y equipos	62
6.4.3	Mejora en el sistema de homogenización	63
6.4.4	Introducción de arcilla	63
6.4.5	Introducción de filtros de sedimentos	64
6.4.6	Introducción del filtro de carbón activado	64
Capítulo VII : Resultados		
7.1	Resultados iniciales previo a la optimización	65
7.2	Resultados de las pruebas de tratabilidad	67
7.2.1	Resultados de las sustancias empleadas con las respectivas dosis	67
7.2.2	Resultados de los análisis de agua de entrada y salida de la unidad de tratamiento	69
7.3	Análisis	70
7.3.1	Análisis de los resultados iniciales previos a la optimización	70
7.3.2	Análisis de resultados de la tratabilidad de las agua residuales	70
7.4	Entrenamiento y capacitación al personal	70
7.4.1	Introducción	70
7.4.2	Definiciones y conceptos	71
7.4.2.1	Medición de caudal	71
7.4.2.2	Ensayo de test de jarra	72
7.4.2.3	Turbidímetro	73
7.4.2.4	Comparador de color	74
7.4.2.5	Medidor de pH	75
7.4.2.6	Cristalería	75
7.4.2.7	Reactivos	76
7.4.2.8	Termómetro	76
7.4.2.9	Soluciones químicas	77
7.4.2.10	Procedimiento del test de jarra	77

7.4.2.10.1	Determinaciones cualitativas	79
7.4.2.10.2	Determinaciones cuantitativas	80
7.5	Procedimiento de operación de la Unidad de Tratamiento	82
7.6	Cronograma de entrenamiento y capacitación	84
	Capítulo VIII : Conclusiones y Recomendaciones	85
8.1	Conclusiones	85
8.2	Recomendaciones	87
	Bibliografía	88
	Anexos	89

INDICE DE ANEXOS

A1	Análisis de Agua Residual cruda Industrial de una empresa textil	90
A2	Análisis de agua Tratada residual Industrial	92
A3	Prueba de Tratabilidad M2	94
A4	Prueba de Tratabilidad M3	96
A5	Análisis de efluente de la planta de tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una empresa Textil	98
A6	Diagrama de representación de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa textil	101
A7	Diagrama de flujo de los procesos de la planta de tratamiento de aguas residuales de una empresa textil	102

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA TEXTIL

RESUMEN

Las industrias textiles en su mayoría, realizan procesos operativos integrados, desde la elaboración y tinturado de la tela hasta los procesos de corte, estampado, confección y comercialización. Este proyecto fue diseñado para el mejoramiento de la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa textil, determinando parámetros de operación y la caracterización de las cantidades de sustancias que se deben de combinar, identificación de los procesos y operaciones que se pueden renovar con la finalidad de optimizar los recursos disponibles de la planta.

Una vez concluida la optimización se logra la remoción de la carga contaminante, obteniendo una descarga de aguas residuales dentro de los valores establecido en la legislación ambiental ecuatoriana.

PALABRAS CLAVES

Industrias textiles, estación depuradora, aguas residuales industriales, optimización.

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA TEXTIL

RESUMEN

Las industrias textiles en su mayoría, realizan procesos operativos integrados, desde la elaboración y tinturado de la tela hasta los procesos de corte, estampado, confección y comercialización. Este proyecto fue diseñado para el mejoramiento de la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa textil, determinando parámetros de operación y la caracterización de las cantidades de sustancias que se deben de combinar, identificación de los procesos y operaciones que se pueden renovar con la finalidad de optimizar los recursos disponibles de la planta.

Una vez concluida la optimización se logra la remoción de la carga contaminante, obteniendo una descarga de aguas residuales dentro de los valores establecido en la legislación ambiental ecuatoriana.

PALABRAS CLAVES

Industrias textiles, estación depuradora, aguas residuales industriales, optimización.

OPTIMIZATION OF INDUSTRIAL PLANT WASTEWATER TREATMENT OF A TEXTILE COMPANY

ABSTRACT

The textile industries mostly perform integrated business processes , from design and fabric dyeing processes to cutting, stamping , manufacture and marketing . This project was designed to improve the wastewater treatment of industrial wastewater from a textile company , determining operating parameters and the characterization of the amounts of substances to combine , identifying the processes and operations that can be renewed with order to optimize the available plant resources .

After the optimization the removal of the pollution load is achieved , obtaining a wastewater discharge within the values established in the Ecuadorian environmental law.

KEYWORDS

Textiles , treatment plant , industrial wastewater optimization.

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA TEXTIL

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Las empresas textiles en el Ecuador, en su mayoría realizan un proceso integrado, es decir que realizan todos los procesos operativos, desde la elaboración y tinturado de la tela hasta los procesos de corte, estampado, confección y comercialización de ropa con alto consumo en el mercado nacional.

El presente proyecto tiene como objetivo la realización de una corrección a la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa textil, mediante una optimización del sistema de tratamiento de las aguas residuales, a través, de la determinación de parámetros de operación y la caracterización de las cantidades de sustancias que se deben de combinar, junto con los tiempos de residencia, así como también la identificación de los procesos y operaciones que se pueden renovar con la finalidad de optimizar los recursos disponibles de la planta.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales de una empresa es un proceso físico químico que cuenta con unidades de homogeneización, coagulación, floculación, sedimentación y filtración que permite eliminar sólidos en suspensión, sólidos disueltos y materia orgánica.

Se espera que una vez concluida la aplicación de la optimización se alcance la remoción de la carga contaminante hasta alcanzar el valor establecido en la legislación ambiental ecuatoriana, para poder descargar el agua residual industrial tratada al cuerpo receptor de agua dulce, con lo cual la unidad de tratamiento estará operando con la eficiencia requerida tal como indica la literatura para el tipo de sistemas instalados en la planta. Así como

también minimizar los costos de inversión de una estación depuradora nueva para alcanzar los mismos resultados.

1.2. ANTECEDENTES

Uno de los principales problemas de contaminación es la descarga directa de aguas residuales de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua, que a su vez son utilizados por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento. Las aguas residuales han sido clasificadas en función de la magnitud de sus descargas teniendo entre las más significativas las de origen urbano e industrial. Existen un sinnúmero de industria que descargan sus efluentes industriales directamente a cuerpos receptores sin ningún tratamiento, causando un grave daño al medio ambiente, entre estas tenemos las industrias azucarera, química, de papel y celulosa, petroquímica, bebidas, textil, siderúrgica, eléctrica y alimentos, entre otras. Las instituciones gubernamentales, municipales e industriales conscientes de estos problemas de contaminación contribuyen a mejorar la calidad y cantidad del agua con acciones a corto y largo plazo, con tratamientos de sus efluentes.

Se ha considerado llevar a cabo una optimización en una planta, considerando en primera instancia perfeccionar los recursos disponibles en la unidad de producción. Este proyecto se llevará a cabo bajo la responsabilidad de él suscrito, convirtiéndose en un aporte técnico científico para las futuras plantas de tratamiento en la industria de textiles que se instalen en el país.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Optimizar la Unidad de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una empresa textil, mediante la aplicación de tácticas de Producción Más Limpia, para lograr que las descargas de las aguas residuales industriales, se encuentren dentro del rango establecido por la Legislación Ambiental Ecuatoriana para un cuerpo de agua dulce, a fin de preservar el ecosistema circundante a la unidad de producción.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar oportunidades de optimizar la operación de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales una empresa textil, mediante la ejecución de inspecciones técnicas.
- Formular recomendaciones que permitan perfeccionar la productividad y la eficiencia en cada operación unitaria.
- Implementar las recomendaciones seleccionadas.
- Medir el éxito obtenido con la aplicación de las recomendaciones.
- Capacitar en la operación del sistema optimizado al personal que opera la unidad de tratamiento de aguas residuales en una empresa textil.
- Lograr que la descarga del agua residual industrial, cumpla con los parámetros de calidad exigidos para verter a cuerpos de agua dulce, según lo establecido por la legislación ambiental ecuatoriana.

1.4. ALCANCE

El presente estudio alcance del estudio pretendió lo siguiente:

- Identificar si los procesos industriales, generan impactos ambientales. Los impactos serán clasificados dentro de las correspondientes categorías (bajo, medio y alto) a fin de priorizarlos.
- Aplicación de medidas correctivas ambientales de corto, mediano y largo plazo que permita prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales que se produzcan durante la operación de una empresa textil.
- Gestión y manejo de desechos sólidos y líquido
- Manejo de Productos químicos peligroso
- Plantear criterios técnicos-ambientales que sirva para fijar las políticas de manejo ambiental y seguridad industrial de la planta.

MARCO TEÓRICO

2.1. DEFINICIONES

La generación de aguas residuales es un producto inevitable de la actividad humana. El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

Las aguas residuales son las aguas usadas y los sólidos que por uno u otro medio se introducen en las cloacas y son transportados mediante el sistema de alcantarillado.

Se denominan aguas residuales industriales a las aguas residuales provenientes de descargas de industrias de manufactura.

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar representatividad de la muestra y un análisis de laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados. En general, un programa de muestreo para caracterización y control de calidad de aguas supone un análisis cuidadoso del tipo de muestras, número de ellas y parámetros que se deben analizar.

2.1.1. AGUAS RESIDUALES

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

2.1.2. AGUAS PLUVIALES

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

2.1.3. AGUA DULCE

Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.

2.1.4. AGUA SUBTERRANEA

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).

2.1.5. AGUAS SUPERFICIALES

Toda aquella que fluye o almacena en la superficie del terreno.

2.1.6. AGUA PARA USO PÚBLICO URBANO

Es el agua nacional para centros de población o asentamiento humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

2.1.7. BIOACUMULACIÓN

Proceso mediante el cual circulan y se van acumulando a lo largo de la cadena trófica una serie de sustancias tóxicas, las cuales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas en un determinado nivel.

2.1.8. BIOENSAYO ACUÁTICO

Es el ensayo por el cual se usan las respuestas de organismos acuáticos, para detectar o medir la presencia o efecto de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

2.1.9. CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN

Propiedad que tiene un cuerpo de agua para recibir y depurar contaminantes sin alterar sus patrones de calidad, referido a los usos para los que se destine.

2.1.10. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiable del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

2.1.11. CARGA PROMEDIO

Es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio, determinados en el mismo sitio.

2.1.12. CARGA MÁXIMA PERMISIBLE

Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.

2.1.13. CARGA CONTAMINANTE

Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidades de tiempo.

2.1.14. CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS

Cualquier alteración de las propiedades físico, química, biológicas de las aguas subterráneas, que pueda ocasionar el deterioro de la salud, la seguridad y el bienestar de la población, comprometer su uso para fines de consumo humano, agropecuario, industriales, comerciales o recreativos, y/o causar daños a la flora, a la fauna o al ambiente en general.

2.1.15. CUERPO RECEPTOR O CUERPO DE AGUA

Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

2.1.16. DEPURACIÓN

Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.

2.1.17. DESCARGAR

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

2.1.18. DESCARGA NO PUNTUAL

Es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de vertimiento al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

2.1.19. EFLUENTE

Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.

2.1.20. LINEA BASE

Denota el estado de un sistema en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades industriales o humanas.

2.1.21. LINEA DE FONDO

Denota las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier perturbación. Es decir, significa las condiciones que hubieran predominado en ausencia de actividades antropogénicas, sólo con los procesos naturales en actividad.

2.1.22. METALES PESADOS

Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, magnesio, mercurio, níquel, plomo y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación.

2.1.23. MÓDULO

Conjunto unitario que se repite en el sistema de tratamiento, cumple con el propósito de mantener el sistema de tratamiento trabajando, cuando se proporciona mantenimiento al mismo.

2.1.24. OXÍGENO DISUELTO

Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores.

2.1.25. PESTICIDA O PLAGICIDA

Los pesticidas son sustancias usadas para evitar, destruir, repeler o ejercer cualquier otro tipo de control de insectos, roedores, plantas, malezas indeseables u otras formas de vida inconvenientes. Los pesticidas se clasifican en: Organoclorados, Organofosforados, Organomercuriales, Carbamatos, Piretroides, Bipiridilos, y Warfarineos, sin ser esta clasificación limitativa.

2.1.26. POLUCIÓN O CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Es la presencia en el agua de contaminantes en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la Legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

2.1.27. RÍO

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar.

2.1.28. TOXICIDAD

Se considera tóxica a una sustancia o materia cuando debido a su cantidad, concentración o características físico, químicas o infecciosa presenta el potencial de:

- a) Causar o contribuir de modo significativo al aumento de la mortalidad, al aumento de enfermedades graves de carácter irreversible o a las incapacitaciones reversibles.
- b) Que presente un riesgo para la salud humana o para el ambiente al ser tratados, almacenados, transportados o eliminados de forma inadecuada; y,
- c) Que presente un riesgo cuando un organismo vivo se expone o está en contacto con la sustancia tóxica.

2.1.29. TOXICIDAD EN AGUA

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

2.1.30. TOXICIDAD CRÓNICA

Es la habilidad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos en un período extenso, usualmente después de exposiciones continuas o repetidas.

2.1.31. TRATAMIENTO CONVENCIONAL PARA POTABILIZAR EL AGUA

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, Filtración y desinfección.

2.1.32. TRATAMIENTO CONVENCIONAL PARA EFLUENTES, PREVIA A LA DESCARGA A UN CUERPO RECEPTOR O AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

Tratamiento Primario.- Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejillas, mallas o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

2.1.33. TRATAMIENTO AVANZADO PARA EFLUENTES, PREVIO DESCARGA A UN CUERPO RECEPTOR O AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Es el tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes.

2.1.34. USUARIO

Es toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente de una fuente natural o red pública.

2.1.35. VALORES DE LÍNEA DE BASE

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea base.

2.1.36. VALORES DE FONDO

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

2.1.37. ZONA DE MEZCLA

Es el área técnicamente determinada a partir del sitio de descarga, indispensable para que se produzca una mezcla homogénea en el cuerpo receptor.

2.2. METODOLOGÍA

En los estudios de diseño, rediseño y operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas, municipales e industriales, es necesario aplicar una metodología que permita identificar cada problema específico, caracterizarlo, definir los criterios de tratamiento y establecer las operaciones y procesos de tratamiento óptimo para lograr los requerimientos definidos y concretar el diseño correspondiente.

Se entiende por Investigación de Campo, el análisis sistemático de problemas en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia haciendo uso de métodos característicos.

La metodología que vamos a utilizar para la investigación de nuestro proyecto de tesis será:

- Método de Investigación de Campo
- Investigación experimental de laboratorio
- Identificación de las dosis requeridas de reactivos químicos para mejorar el tratamiento de las aguas residuales industriales
- Pruebas experimentales

La investigación se realiza en los mismos lugares donde acontecen los hechos, fenómenos o situaciones que se pretenden investigar. La investigación de campo obliga al investigador a movilizarse al sitio o escenario donde se ubica el objeto o sujeto motivo de la investigación que aspira emprender.

En relación con esta definición, se puede afirmar que este trabajo de investigación se corresponde con dicho diseño, ya que la recopilación de la información se realizara enmarcada dentro del ambiente específico en el que se presenta el hecho a estudiar, a fin de dar una propuesta de solución que se corresponda con el contexto y adecúe con las posibilidades de implantación que se proporcionen de la comunidad.

2.3. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo básico del tratamiento de aguas es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad.

El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas, y a medida que crece la población, aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento o renovación que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

En la concepción clásica del problema de la polución del agua, los ríos se consideran los receptores naturales de las aguas residuales, con su correspondiente carga de contaminantes y nutrientes. Las cargas, o concentración de contaminantes y nutrientes, constituyen el objeto de la regulación, por parte de las leyes, decretos y normas, para establecer la calidad apropiada del agua, de acuerdo con los diferentes usos aplicables a ella.

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- Las características del agua cruda
- La calidad requerida del efluente
- La disponibilidad de terreno
- Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento
- La confiabilidad del sistema del tratamiento
- La facilidad de optimización del proceso para satisfacer requerimientos futuros más exigentes.

2.3.1. PRE TRATAMIENTOS

La función del pre-tratamiento es extraer de las aguas brutas la mayor cantidad posible de la materias que arrastran, y que posteriormente ocasionarían problemas en los tratamientos posteriores (tales como obstrucción de tuberías, formación de costras, enarenado de digestores anaerobios, etc.)

Las operaciones de pre-tratamiento que se incorporan en la cabecera de la línea de agua de la Estación depuradora de aguas residuales industriales serán en función de:

- La calidad del agua bruta (presencia de mayor o menor cantidad de sólidos, arenas, grasas, etc.).
- El tipo de tratamiento posterior en la línea de agua.
- El sistema de tratamiento de fangos empleado.
- La importancia de la instalación.

Las operaciones que se pueden incorporar en un pre-tratamiento son las siguientes:

- Desbaste
- Desarenado
- Desengrasado

2.3.1.1. DESBASTE

El objetivo general de un desbaste es eliminar los residuos sólidos que arrastra el agua residual, haciendo pasar ésta, a través, de barrotes verticales o ligeramente inclinados, con una cierta separación entre ellos en función del tamaño del material a retener.

La rejilla desbaste grueso, cuya separación entre barras está entre 50 - 100 mm y grosor de barrotes 12 – 25 mm. y la rejilla desbaste fino que son las que tienen espacios entre barras entre 10 - 25 mm y grosor de barrotes 6 - 12 mm.

Actualmente se tiende al uso de tamices tanto en cabecera de la línea de agua como en la de fango. La luz de malla de un tamiz oscila entre 0,5 mm – 1 mm. El rendimiento del proceso con esta solución es muy elevado.

2.3.1.1.1. TAMICES

El tamizado consiste en una filtración sobre soporte delgado perforado. En función de las dimensiones de los orificios tenemos los siguientes tipos:

- **Macrotamizado:** Con paso superior a 0,3 mm. Se usa para retener la materia en suspensión, flotante, semiflotante, residuos vegetales o animales, ramas, etc.
- **Microtamizado:** Con malla inferior a 100 micras. Se usan para eliminar materia en suspensión de aguas naturales o aguas residuales pre-tratadas.

2.3.1.2. DESARENADO

Tiene por objetivo eliminar materias pesadas que sean superiores a 200 micras, para evitar que se produzcan sedimentos en los canales y conducciones, proteger las bombas y otros equipos contra la abrasión, y para evitar sobrecargas en procesos posteriores.

La operación está diseñada para eliminar (arenas), partículas, minerales, también se eliminan otros elementos de origen orgánico, como granos de café, semillas, cascaras de huevos, fragmentos de metal, etc. La llegada de material de tipo inorgánico, arenas y gravas, a la E.D.A.R. es mayor cuando la red es unitaria, ya que las aguas de lluvia arrastran gran cantidad de sedimentos y deposiciones de las calles. También hay gran aportación de áridos cuando acceden a la red unitaria drenajes de escombreras o parques de almacenamiento de minerales.

El pozo de gruesos y el desbaste previo a los desarenadores evita la llegada de materiales de gran tamaño, de trapo, plástico, etc., que empeorarían el rendimiento del proceso.

2.3.1.3. DESENGRASADO

No siempre aparece el desengrasado en los pre-tratamientos de una E.D.A.R. Su objetivo es eliminar grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes que podrían perturbar procesos posteriores.

El desengrasado suele ser estático o mediante insuflación de aire para desemulsionar las grasas y conseguir una mejor flotación de estas.

En los desengrasadores estáticos son necesarios tiempos de retención altos. Los flotantes se cogen en la parte superior. Se usa en talleres.

La separación con aire podría realizarse en los decantadores primarios, que poseen rasquetas para flotantes, pero cuando el volumen de grasas es importante este sistema de recogida es deficiente y hay que emplear otros.

El desengrasado se puede efectuar de forma combinada en el mismo depósito del desarenador aireado. Se crea una zona tranquilizada en la superficie en donde se concentran las grasas y flotantes de donde se evacuan mediante rasquetas. Las partículas tienden a acercarse a las burbujas de aire y a flotar.

2.3.2. TRATAMIENTOS PRIMARIOS

El objetivo del tratamiento primario es reducir los sólidos en suspensión del agua residual. Los sólidos suspendidos de un agua residual se determinan filtrando ésta y pesando el material sólido retenido por el filtro. Se mide en mg/lit. El filtro utilizado retiene partículas superiores a una micra.

Los sólidos en suspensión incluyen:

- Los sólidos sedimentables (que sedimentan al permanecer el agua residual en reposo durante una hora).
- Los flotables (definibles por la contraposición a los sedimentables) y parte de los sólidos coloidales (tamaño entre 10-3 y 10 micras). Los tamaños superiores a 200 micras ya fueron eliminados en el desarenador.

2.3.3. TIPOS DE PROCESOS

Se los puede clasificar así:

- Procesos de separación sólido – líquido
 1. Sedimentación (Decantación primaria)
 2. Flotación
 3. Proceso mixto (Decantación - Flotación)
- Procesos complementarios de mejora
 1. Floculación

2. Coagulación (Proceso Físico - Químico)

2.3.4. ETAPAS DEL TRATAMIENTO FÍSICO - QUÍMICO

Para romper la estabilidad de las partículas coloidales y poderlas separar, es necesario realizar tres operaciones: Coagulación, floculación y decantación.

2.3.4.1. COAGULACIÓN

La coagulación consiste en desestabilizar los coloides por neutralización de sus cargas, dando lugar a la formación de un coágulo.

La coagulación de las partículas coloidales se consigue añadiéndole al agua un producto químico (electrolito) llamado coagulante. Normalmente se utilizan las sales de hierro y aluminio.

Se pueden considerar dos mecanismos básicos en este proceso:

2.3.4.1.1. NEUTRALIZACIÓN DE LA CARGA DEL COLOIDE

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Bario y Magnesio bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el sodio, monovalente; y a su vez, el Hierro y el Aluminio, trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro, Cl^- monovalente, el sulfato, $(\text{SO}_4)^{2-}$, divalente, y el fosfato, $(\text{PO}_4)^{3-}$, trivalente.

2.3.4.1.2. INMERSIÓN EN UN PRECIPITADO O FLOCULO DE BARRIDO

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

Los factores que influyen en el proceso de coagulación:

2.3.4.1.2.1. pH

El pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran:

- Cal viva
- Cal apagada
- Carbonato sódico
- Sosa Cáustica
- Ácidos minerales

2.3.4.1.2.2. AGITACIÓN RÁPIDA DE LA MEZCLA

Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el coágulo.

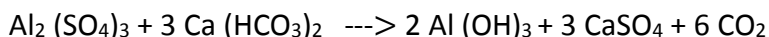
Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto (1seg).

2.3.4.1.2.3. TIPO Y CANTIDAD DE COAGULANTE

Los coagulantes principalmente utilizados son las sales de aluminio y de hierro. Las reacciones de precipitación que tienen lugar con cada coagulante son las siguientes:

- Sulfato de aluminio (también conocido como sulfato de alúmina) $(Al_2(SO_4)_3)$

Cuando se añade sulfato de alúmina al agua residual que contiene alcalinidad de carbonato ácido de calcio y magnesio, la reacción que tiene lugar es la siguiente:

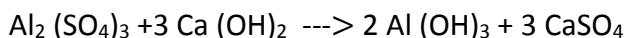


La reacción es análoga cuando se sustituye el bicarbonato cálcico por la sal de magnesio.

Rango de pH para la coagulación óptima: 5 - 7,5.

Dosis: En tratamiento de aguas residuales, de 100 a 300 gr/mt³, según el tipo de agua residual y la exigencia de calidad.

- Con cal



Dosis: Se necesita de cal un tercio de la dosis de sulfato de alúmina comercial.

2.3.4.2. FLOCULACIÓN

La floculación trata la unión entre los flóculos ya formados con el fin de aumentar su volumen y peso de forma que pueden decantar. Consiste en la captación mecánica de las partículas neutralizadas dando lugar a un entramado de sólidos de mayor volumen. De esta forma, se consigue un aumento considerable del tamaño y la densidad de las partículas coaguladas, aumentando por tanto la velocidad de sedimentación de los flóculos.

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

- Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana). En este caso se habla de Floculación pericínética o por convección natural es muy lenta.
- Por el movimiento del fluido que contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas, esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinética o por convección forzada.

Existen además ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del flóculo (flóculo más pesado y voluminoso).

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

2.3.4.2.1. COAGULACIÓN PREVIA LO MÁS PERFECTA POSIBLE

Para poder generar un adecuado proceso de coagulación es imprescindible realizar las respectivas pruebas de ensayo de manera preliminar para poder obtener la dosis óptima y de esta forma alcanzar un proceso de coagulación casi perfecto. Es importante que durante los ensayos se observen con detenimiento los diferentes comportamientos del proceso de coagulación para identificar los aspectos más relevantes que puedan ser aprovechados. Es recomendable repetir los ensayos con las dosis en las cuales se han obtenido los mejores resultados, así como también variar ligeramente la dosis en los rangos de los mejores resultados para identificar con más exactitud la dosis ideal para obtener la mejor coagulación. Durante este proceso es necesario observar de manera exhaustiva el comportamiento del proceso de coagulación para poder predecir el comportamiento en la totalidad del agua cruda. Este proceso es necesario hacerlo con mucha responsabilidad para poder seleccionar la mejor dosis de acuerdo con el agua cruda que va a ser tratada.

2.3.4.2.2. AGITACIÓN LENTA Y HOMOGÉNEA

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los flóculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los flóculos ya formados.

2.3.4.2.3. TEMPERATURA DEL AGUA

La influencia principal de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de flóculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

2.3.4.2.4. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de flóculos.

2.3.4.2.5. TIPOS DE FLOCULANTES SEGÚN SU NATURALEZA:

- Minerales, por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.
- Orgánicos, que son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

2.3.4.3. COADYUVANTES

Tienen la función de mejorar la actuación de los coagulantes y floculantes. Los objetivos de los coadyuvantes pueden ser varios:

2.3.4.3.1. CORRECCIÓN DE pH

Cada coagulante tiene un pH óptimo de trabajo. Por ejemplo, el sulfato de aluminio tiende acidificar el agua tratada empeorando las condiciones de coagulación, ya que actúa mejor a pH neutro. Para corregir el pH se le añade bases o sales alcalinas al agua (Cal, Hidróxido sódico, Carbonato sódico, etc.).

2.3.4.3.2. OXIDACIÓN DE COMPUESTOS

Se cree que el proceso de coagulación floculación mejora si se elimina por oxidación algunos compuestos orgánicos que pueden interferir en los procesos. Se pueden utilizar como oxidantes el cloro, el permanganato potásico, el ozono, etc. Cuando se emplea cloro, pre cloración, la dosis utilizada es generalmente la necesaria para llegar al break point.

2.3.4.3.3. DAR PESO A LAS PARTÍCULAS

Se utilizan los llamados agentes gravimétricos. Se utilizan en aguas con baja turbidez inicial. Se busca mejorar las velocidades de sedimentación. Se puede usar carbón activado en polvo, cal, arcillas, polímeros, etc. La adición de productos tales como la bentonita aumenta la densidad de las partículas y el peso global de la suspensión, al tiempo que proporciona una superficie importante para la adsorción de compuestos orgánicos.

La sílice activada y los polímeros se podrían también considerar como coadyuvantes de la coagulación y la floculación.

2.3.4.4. SEDIMENTACIÓN

La sedimentación consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Es una de las operaciones unitarias más utilizadas en el tratamiento de las aguas residuales. Los términos sedimentación y decantación se utilizan indistintamente.

Esta operación se emplea para la eliminación de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química. En la mayoría de los casos el objetivo principal es la obtención de un efluente clarificado.

CAPÍTULO III

MARCO LEGAL

3.1. MARCO LEGAL AMBIENTAL

El marco legal Ambiental aplicable considera las siguientes fuentes Normativas:

Constitución Política de la República del Ecuador, publicada en el R.O. N°449 del 20 de octubre de 2008.

En su Título II sobre los Derechos, Capítulo II Derecho del Buen Vivir, Sección II Ambiente sano, indica:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

En su Título VII del Régimen del Buen Vivir, Capítulo II Biodiversidad y recursos naturales, Sección II Ambiente sano, dice:

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el

impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

- Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la

inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

- Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
- Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
- Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
- Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

Art. 399.- El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Ley Orgánica de la Salud, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 423 del 22 de diciembre del 2006.

Ley Orgánica de la Contraloría General del Estado, publicada en el Registro Oficial No. 595 del 12 de junio del 2002.

Codificación de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004.

Codificación de la Ley de Aguas, publicada en el Registro Oficial No. 339, del 20 de mayo del 2004.

Codificación de la Ley de Gestión Ambiental, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004.

Codificación de la Ley que Protege la Biodiversidad en el Ecuador, publicada en el Registro Oficial Suplemento No. 418 del 10 de septiembre del 2004.

Codificación de la Ley Forestal y Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, publicada en el Suplemento del Registro Oficial No.-418 del 10 de septiembre del 2004.

Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Suplemento del Registro Oficial del 31 de marzo del 2003, constante en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULAS, libro 5).

El Estudio de Impacto Ambiental estará regido por las leyes ecuatorianas que tienen que ver específicamente con las actividades de preservación de los recursos naturales.

La principal norma jurídica ambiental que forma parte del marco de referencia legal del Proyecto se encuentra establecida en la Codificación de la Ley de Gestión Ambiental.- Publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 418 del 10 de septiembre de 2004 y el Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS). Expedido mediante Decreto Ejecutivo No. 3399 publicado en el Registro Oficial No. 725 del 28 de noviembre de 2002 y ratificado mediante Decreto Ejecutivo No. 3516, publicado en el Registro Oficial Suplemento No. 2 del 31 de marzo de 2003.

La Ley de Gestión Ambiental en su artículo 20 menciona (t) “Para el inicio de toda actividad que suponga riesgo ambiental se deberá contar con la Licencia Ambiental respectiva otorgada por el Ministerio del ramo. Esta ley señala además la obligación del ejecutor del Proyecto de implementar un Sistema de Manejo Ambiental que contenga como mínimo la elaboración de Estudio de Línea de Base, Evaluación del Impacto Ambiental, Planes de Manejo, sistemas de Monitoreo, Planes de Contingencia y Mitigación, Auditorías Ambientales.

3.2. LEGISLACIÓN AMBIENTAL ECUATORIANA LIBRO VI, ANEXO 1

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTE: RECURSO AGUA

3.2.1. INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado;
- Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- Método y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

3.2.2. OBJETIVO

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente norma.

3.3. NORMATIVA AMBIENTAL ESPECÍFICA

Parámetros	Unidad	Límite máximo Permisible
------------	--------	-----------------------------

Sólidos suspendidos totales	mg/l	<100
Sólidos disueltos totales	mg/l	-----
Potencial de Hidrógeno	----	5-9
Cromo hexavalente	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	----
Plomo	mg/l	0.2
Barrio	mg/l	<2.000
Cadmio	mg/l	0.02
Cromo total	mg/l	---
Aluminio	mg/l	<5.00
Aceites y grasas	mg/l	0.3
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO ₂ /l	<100
Demanda química de oxígeno	mgO ₂ /l	<250
Fenoles	mg/l	0.2
Carga contaminante	kg DQO/día	< 35
Temperatura	°C	----

Tabla Nº 1.- Parámetros a evaluar en el monitoreo de Aguas Residuales Industriales

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA Y SUS OPERACIONES

4.1 Descripción General

La empresas textiles se dedica a la elaboración, tinturado, estampado y corte de telas además de las actividades de elaboración y confección de prendas de vestir. Todas las

empresas desarrollan sus actividades productivas dentro de predios que se dividen en oficinas administrativas, área de producción, bodegas, garita de guardianía y parqueaderos.

4.2 Descripción del proceso productivo

4.2.1 Recepción de materia prima

Los hilos, que son la materia prima utilizadas en las empresas, llegan desde Corea, Paquistán, Indonesia, Vietnam y Colombia a través de vía marítima, hasta las bodegas de la empresa.

Existen diversos tipos de hilos así como el hilo poliéster – algodón (65% - 35%) y también diferentes tamaños ó espesor como el hilo 24/1, hilo 30/1, hilo 40/1 que son los más usados en las empresas, cabe recalcar que mientras más bajo es el número del hilo más grueso es este.

Figura No 4.1.- Materia prima utilizada en la elaboración de tejidos



Fuente: Los autores

4.2.2 Elaboración de telas

Los hilos se mezclan para la obtención de diferentes tipos de telas, por ejemplo si mezclamos un hilo poliéster spum con hilo viscosa se obtiene una tela de rayados ó si se adiciona un hilo spandex a un tejido de hilo de algodón se obtienen telas licradas.

Los hilos de diferentes tipos son entrelazados por medio de máquinas hasta formar los tejidos o telas.

La empresa Industrial y Comercial 3B elabora 450 kilogramos de tela diariamente de los cuales alrededor de un 50% es tela tipo spum (tela de rayados) y 50% polialgodón.

Una vez terminado el proceso de elaboración, la tela es almacenada en rollos o plegados.

Foto No 4.2.- Elaboración de tejidos



Fuente: Los autores

Foto No 4.3.- Almacenamiento de tejidos



Fuente: Los autores

4.2.3 Calandra de preparación

Los rollos de tela se despliegan en un coche uno a uno separando los extremos para luego unirlos y hacer un sola gran pieza de tela, para este proceso se usa la Calandra de preparación como se puede observar en la foto a continuación.

Foto No 4.4.- Preparación de los tejidos antes del teñido



Fuente: Los autores

4.2.4 Tinturado de telas

Una vez que se han unido todos los rollos de tela y se han formado una sola gran pieza, se lleva a cabo el proceso de tinturado de la tela o tejido, dependiendo de la orden de producción que emita el departamento de diseño (color y cantidad) se tiñen las telas, este proceso se lleva a cabo en tres máquinas las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla No 4.1.- Tipos de máquinas de tinturado y su capacidad

Tipo de maquina	Capacidad
Thies 01 (minisoft)	50 kilogramos
Thies 02 (minisoft)	50 kilogramos
Thies 03 (rottostream)	50 kilogramos

Fuente: Información tomada de la unidad de producción de la textilera

Estas máquinas funcionan con un procesador automático integrado, es decir que una vez que comienza el proceso de teñido no pueden abrirse, las maquinas se llenan con agua (6 litros de agua por cada kilogramo de tela), se introduce la tela o tejido y se llevan a cabo diferentes pasos previos a la obtención del color solicitado.

Figura No 4.5.- Máquina Thies 01



Fuente: Los autores

4.2.5 Descruce y preblanqueo

En este proceso los tejidos o telas son sometidos a un pre-lavado, es aquí donde se limpian todas las impurezas de la tela como cascarillas de algodón, aceites parafinados y toda sustancia de suciedad que se pueden presentar en la elaboración de circulares, para este proceso el agua dentro de la maquina Thies debe estar a una temperatura de 80°C

Figura No 4.6.- Descruce de tejidos



Fuente: Los autores

4.2.6 Neutralizado del tejido

La tela se neutraliza por medio de una rápida lavada a una temperatura de 70 – 60°C con ácido fórmico. La proporción es de 0.29 gr. Por cada litro de agua.

4.2.7 Tintura de fibras

Después del preblanqueado y el neutralizado de los tejidos se lleva a cabo el proceso de tintura de la fibra, la tela dentro de la maquina Thies es elevada a una temperatura de 130°C con procesos de agotamiento de 40 minutos, luego se baja la temperatura a 80°C con procesos de agotamiento de 20 minutos, variando de acuerdo al tipo de fibra que se trabaje o al color que se quiera obtener.

Existen diferentes tipos de coloración de tejidos como: la coloración mixta dispersa – reactiva, coloración dispersa y coloración reactiva.

Cuando nos referimos a una coloración dispersa hablamos que en ese momento la máquina se encarga de teñir solo las fibras de poliéster, y si nos referimos a una coloración reactiva o directa decimos que la máquina se encarga de teñir solo las fibras de algodón.

Una vez realizado el tinturado los tejidos son sometidos a diferentes enjuagues hasta aclarar el agua, luego los tejidos son sometidos a los procesos de fijación con fijador europix y suavizado con ácidos grasos de micro y macro emulsiones.

4.2.8 Centrifugado y secado de tejidos

Una vez realizado el proceso de tinturado, se realiza el centrifugado de los tejidos para eliminar el exceso de agua de los procesos de descruce y tintura, esta máquina centrifugadora tiene capacidad de 200 kilogramos.

El tejido, aún húmedo, sale de la centrifuga y se lo procesa en un secador de alta eficiencia en donde se pasa la tela por un rodillo con una temperatura de 140°C en donde queda totalmente seco y apto para la rampa termofijadora.

Figura No 4.7.- Secadora



Fuente: Los autores

4.2.9 Rampa Termofijadora

En este proceso es donde se da el acabado final a los tejidos y se les hace cumplir ciertos requerimientos o propiedades como ancho, rendimientos de la tela (mt. /Kl) y su consecuente fijación del color.

La rampa termofijadora contiene dos campos de termofijación que son calibrados con procesos de combustión aire – gas, para obtener la temperatura requerida dependiendo del tipo de tejido. Las temperaturas van desde 160°C hasta 166.4°C.

Figura No 4.8.- Rampa Termofijadora



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

Después de la termofijación, el tejido pasa por un proceso de cortado para eliminar los orillos al mismo tiempo que se engoman las terminaciones de las telas para que queden totalmente planas, al mismo tiempo que se forman los rollos para su almacenamiento en la bodega de semielaborados.

Foto No 4.9.- Corte de orillos



Fuente: Los autores

4.2.10 Bodega de semielaborados

Aquí se almacenan los tejidos terminados además de ser el lugar donde se inspecciona la tela rollo por rollo para cumplir con los estándares de calidad requeridos por la empresa para la correspondiente elaboración de orden de producción.

Figura No 4.10.- Almacenamiento de tejidos



Fuente: Los autores

El tejido se revisa manualmente para detectar cualquier imperfección como manchas de estampados o hilos muy gruesos, las imperfecciones encontradas se marcan con cinta adhesiva para que al momento de pasar al Departamento de Corte se de baja a la sección que presenta la anomalía.

Figura No 4.11.- Inspección de Tejidos



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

4.2.11 Área de trazo y Patronaje

En el área de trazo y patronaje se realizan las plantillas en papel de las piezas que se van a utilizar para la confección de las prendas que se requieran, estas plantillas se imprimen en un plotter, se envuelve el trazo y se entrega a la sección de corte con la orden respectiva de producción

Figura No 4.12.- Impresión de patrones



Fuente: Los autores

4.2.12 Área de Corte

Para poder cortar las piezas necesarias requeridas para la elaboración de las prendas solicitadas por el departamento de confección se tienden los tejidos uno sobre otro y se coloca el trazo de papel sobre las telas para luego proceder a cortarlas.

Figura No 4.13.- Tendido de tejidos previo al corte



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

Luego, se cortan las capas de tela para la obtención de las piezas para la elaboración de las prendas de acuerdo a las tallas y colores requeridos.

Figura No 4.14.- Corte de piezas



Fuente: Los autores

4.2.13 Proceso de unificación

Una vez cortadas las piezas son separadas de acuerdo a color, talla y diseño de prendas para luego pasar al área de confección donde son cocidas de acuerdo al requerimiento.

Foto No 4.15.- Unificación por colores



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

4.2.14 Área de estampado

En el área de estampado se agregan diseños o dibujos a ciertos tejidos, el proceso de estampado se realiza colocando la pintura sobre la tela con la ayuda de chablones que tienen los diseños ya establecidos

Figura No 4.16.- Estampado de tela



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

Luego se coloca una cámara de secado sobre el diseño la cual fija la tinta a la tela ó las piezas son transportadas hacia al horno para realizar el proceso de secado o curado a una temperatura de 160°C a 180°C dependiendo de la velocidad o saturación del estampado.

Figura No 4.17.- Cámara de secado



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

4.2.15 Departamento de Confección

Se utilizan máquinas tipo recta, overlock, recubridoras, especiales, bordadoras, máquinas para realizar nido de abejas etc.

En este departamento se unen las piezas previamente cortadas para la confección de las prendas, cada sección tiene un jefe o inspector.

Figura No 4.18.- Confección de prendas



Fuente: Los autores

4.2.16 Área de Pulido y Empaque

Una vez terminado el proceso de confección, en esta área se revisa prenda por prenda y se retiran imperfecciones como hilos sueltos, después del pulido vienen el proceso de empaque en el cual se guardan las prendas de acuerdo a los colores y tallas.

Figura No 4.19.- Pulido y empaque de prendas terminadas

Fuente: Los autores



Fuente: Los autores



4.2.17 Proceso de Remisión

El producto terminado es pasado por un lector donde se contabiliza las unidades confeccionadas por color y tallas y estas deben coincidir con las piezas que el departamento de corte entregó al área de confección, las prendas se colocan en gavetas para pasarlas por la Banda Transportadora hasta la Bodega de producto terminado.

Figura No 4.20.- Remisión de producto terminado



Fuente: Los autores



Fuente: Los autores

4.2.18 Bodega de Producto terminado

El personal de la Bodega de producto terminado remisiona las prendas una vez más, una vez realizado este paso, el producto pasa a las perchas respectivas donde se colocan dependiendo del canal de distribución sea este Rio Store, Super Éxito etc, de acuerdo a las tallas, modelos y colores, una vez finalizado este proceso el producto está listo para la distribución final.

Figura No 4.21.- Producto final colocado en perchas



Fuente: Los autores

El personal que labora en las empresas textiles se le ha facilitado los equipos de protección personal requeridos para desarrollar las actividades con seguridad, entre los equipos con que cuenta el personal tenemos: ropa de trabajo, fajas, guantes de metal para el área de corte de prendas, etc.

4.3 Generación de Desechos y descargas

La empresa genera desechos sólidos, y aguas residuales industriales provenientes del proceso de tinturado de los tejidos así también como residuos líquidos domésticos que se generan por el uso de los baños.

4.3.1 Manejo de los Desechos Sólidos

Durante el proceso de producción y confección de prendas se generan residuos tales como cartones, fundas plásticas, envases de plástico, los mismos que son segregados y almacenados en un área asignada para el almacenamiento temporal.

4.3.1.1 Manejo de Desechos sólidos no peligrosos

Los residuos no peligrosos que representan inocuidad al medio, consisten en residuos de alimentos, botellas plásticas, cartón, papel, latas y tarrinas, los mismos que son depositados en áreas asignadas y son entregados a la Empresa Puerto Limpio.

Figura No 4.22.- Disposición de Desechos sólidos no peligrosos



Fuente: Los autores

4.3.2 Descargas líquidas

La generación de las aguas residuales de la empresa de textiles tiene tres fuentes:

Aguas residuales domésticas

Aguas residuales de lluvia o escorrentía

Aguas residuales industriales

La normativa ambiental establece que estas aguas no deben ser mezcladas, deben ser manejadas con líneas diferentes.

4.3.2.1 Aguas Residuales Industriales

Las aguas residuales industriales se generan exclusivamente del proceso de tinturado Las aguas residuales industriales que se generan son tratadas en la estación depuradora que para el efecto cuenta la empresa. De manera mensual se realizan los monitoreos y análisis por parte del Grupo Químico Marcos, laboratorio acreditado y de manera trimestral de acuerdo al calendario establecido se entregan los informes técnicos de la operación de la unidad de tratamiento a la Dirección de Medio Ambiente de la Muy Ilustre Municipalidad de Guayaquil.

El nivel de cumplimiento de entrega de los reportes técnicos a la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable ha sido total y de manera oportuna, cumpliendo de manera estricta el cronograma.

Se hace necesario incluir una caja de revisión que disponga del dispositivo hidráulico que permita medir el caudal y obtener en este sitio las muestras del efluente para el análisis de laboratorio.

Respecto al diseño y la ubicación del sistema de tratamiento de las aguas residuales industriales deberán contar con revisión y aprobación de la Dirección de Medio Ambiente del Municipio.

4.3.2.2 Aguas domésticas

Las aguas residuales generadas por las actividades domésticas del personal que labora en la empresa se originan por el uso de los baños, lavaderos y demás aparatos sanitarios existentes en la empresa. El sistema de recepción de este tipo efluentes está constituido por colectores de 2" de diámetros y cajas de limpieza diseñadas en función de las descargas que reciben y de su intervalo o simultaneidad de uso. Son conducidas al sistema de

alcantarillado sanitario de la planta y descargados al sistema de alcantarillado aguas lluvias de la ciudad.

En el sector donde está ubicado el predio, existen redes de aguas servidas recién construidas, Interagua las ejecuto en el primer semestre del año 2013 en el proyecto denominado “Sistema 1 de la Expansión de Alcantarillado Sanitario 2011-2013”.

4.3.2.3 Aguas Lluvias

Las aguas lluvias se desplazan por cubiertas, canalones y bajantes; unos llegan a rejillas o sumideros y la mayor parte del agua escurre por el suelo descubierto que rodea a la empresa y descargados al sistema de recolección de aguas lluvias de la ciudad. El Certificado de Factibilidad emitido por Interagua, indica que efectivamente el área donde se encuentran las instalaciones de la empresa, cuenta con el servicio de alcantarillado para la recolección de las aguas lluvia.

4.4 Servicios Generales

4.4.1 Sistema de Abastecimiento y Distribución de Energía Eléctrica

Para el desarrollo de las actividades productivas, la distribución de energía eléctrica se lo hace a través de la Unidad de Generación, Distribución y Comercialización de Energía Eléctrica de Guayaquil. El consumo promedio mensual en el período comprendido es de 1260 Kwh. /mes.

4.4.2 Sistema de abastecimiento y uso de agua

La empresa, para el desarrollo de sus actividades domésticas, se abastece de agua potable mediante la red administrada por INTERAGUA, con una línea de acometida de 2”. Para su

distribución interna, la empresa dispone de una red convenientemente dispuesta que permite la provisión del agua potable, desde la línea de abastecimiento. El consumo de agua potable tiene un promedio diario de 0.01 l/seg, el cual tiene la factibilidad desde la conexión existente.

Respecto al agua para el consumo industrial es extraída del pozo profundo. Este sistema de auto provisión no cuenta con la autorización de Interagua por lo que se deberá regularizar la situación.

CAPÍTULO V

CARACTERÍSTICAS Y EVALUACIÓN DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

5.1. FUENTES DE GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Una vez revisado todo el proceso que se realiza en la empresa de textiles se puede establecer que las aguas residuales industriales provienen exclusivamente del tinturado y enjuague de las telas que a continuación serán utilizadas para la confección de prendas de vestir.

Las líneas de conducción de todas las aguas residuales, en ningún momento se juntan, todas son independientes, lo que permite evitar la contaminación de las mismas en su trayectoria.

5.2. DETERMINACIÓN DE FLUJOS DIARIOS

En la empresa, los flujos del agua residual son muy variables debido a que está en función de la operación de limpieza.

Cuando se realiza el proceso de tinturado y enjuague de los tejidos, el agua es acumulada en la piscina de homogenización hasta alcanzar el nivel de agua necesario para proceder a la depuración. De tal manera que el procesamiento de las aguas residuales industriales son tratadas por lotes.

Es así como se ha establecido un flujo de agua de cien metros cúbicos de agua residual tratada por mes. Este caudal tiene que ver también con la capacidad de almacenamiento que existe en la piscina de homogenización. A continuación se encuentra la tabulación del agua residual producida durante los meses de mayo, junio y julio.

TABLA No 5.1.- Caudales de la Planta de Textiles

DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DIARIOS QUE SE GENERAN EN LA PLANTA DE TEXTILES EN LOS MESES DE MAYO A JULIO DEL AÑO 2013.						
MESES	MAYO	CAUDAL m ³ /d	JUNIO	CAUDAL m ³ /d	JULIO	CAUDAL m ³ /d
	2	110	3	85	1	90
	3	108	4	80	2	85
	6	109	5	85	3	88
	7	95	6	95	4	95
	8	90	7	93	5	102
	9	92	10	95	8	104
	10	93	11	92	9	108
	13	90	12	90	10	102
	14	101	13	90	11	103
	15	102	14	98	12	105
	16	103	17	90	15	106
	17	104	18	98	16	108
	20	105	19	96	17	109
	21	100	20	93	18	110
	22	101	21	92	19	112
	23	102	24	102	22	110
	24	103	25	105	23	110
	27	99	26	102	24	108
	28	92	27	95	25	98
	29	93	28	98	26	96
	30	92			29	94
	31	91			30	92
					31	93
TOTAL	22	2175	20	1874	23	2328
PROMEDIO		98.86		93.7		101.21
PROMEDIO GENERAL	97.92 m³/d					

Fuente.- Datos tomados por los autores en la empresa textilera

5.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Las características físicas- químicas de las aguas residuales industriales que se generan de la actividad tinturado y enjuagado de tejidos fueron evaluadas en la Unidad de Control de Calidad de los Laboratorios de Aguas Petróleo y Medio Ambiente Productos y Servicios Industriales PSI cuyos resultados se encuentran en la siguiente tabla:

TABLA No 5.2 - Resultados de análisis de agua cruda

Resultados de análisis de agua cruda		
Parámetros y sus Unidades	Concentraciones	
	M1	LMP
Sólidos suspendidos totales	450	<100
Sólidos disueltos totales	8974	----
Potencial de hidrógeno	22.2	5-9
Cromo hexavalente	2	0.5
Zinc	1	----
Plomo	0.8	0.2
Bario	7	<2.000
Cadmio	0.4	0.02
Cromo total	0.31	----
Aluminio	66	<5.00
Aceites y grasas	4	0.3
Demanda bioquímica de oxígeno	500	<100
Demanda química de oxígeno	700	<250
Fenoles	3	0.2
Carga contaminante	7.100	<35
Temperatura	70	----

Fuente.- Resultados de análisis de agua cruda realizados por PSI

5.4 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE UNA EMPRESA TEXTIL

Luego de observar las operaciones, podemos establecer como diagnóstico que las aguas presentan alta temperatura, alta concentración de metales, agregados orgánicos y agregados fisicoquímicos lo que hace complicado el proceso de la depuración impidiendo que la unidad pueda remover la contaminación hasta los niveles requeridos por la Legislación Ambiental. Esta elevada concentración de sustancias químicas en el agua tiene su origen en la realización de un inadecuado proceso de aplicación de los pigmentos en el proceso de teñido. De manera que si no se realiza el correcto procedimiento de aplicación de pigmentos, toda la sustancia va a terminar en el agua de enjuague, ocasionando la alta concentración de sustancias contaminantes, los mismos que pueden ser apreciados en los resultados del agua cruda.

Una de las razones por las que se produce esta mala operación, es debido a un exceso de confianza, del personal de la empresa, en virtud que se considera que por el alto costo del producto, la aplicación debe hacerse directamente en el agua con el tejido, y es ahí donde se origina la alta contaminación del agua de enjuague.

La capacidad de almacenamiento de la unidad de recepción es aceptable, debido a que los flujos que se manejan no sobrepasan la capacidad instalada. Además las operaciones de tinturado de tejidos son planificadas en función del número de prendas a confeccionar para mantener un número ya determinado que se encuentren en stock.

Es necesario mejorar el control de este proceso, en virtud que este es un punto crítico en el proceso de tinturado de tejidos y de esta manera se podrá evitar la carga excesiva de contaminación al agua de enjuague del mismo.

5.5 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE PRE-TRATAMIENTO

El Sistema de Pre-tratamiento de la empresa, se desarrolla sin ningún inconveniente, en virtud que es casi nula la presencia de sólidos gruesos que se obtienen de la actividad de tinturado y enjuague de tejidos.

5.6 DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PRIMARIO

En el sistema de tratamiento primario de la empresa, se han establecido las siguientes oportunidades de mejora al proceso:

- La temperatura de ingreso a la unidad de homogenización es muy alta, lo que impide que se realice un buen proceso de separación.
- No existe una homogenización adecuada de las aguas almacenadas en la cisterna donde se van recolectando las aguas residuales industriales previo a su tratamiento. Esta falta de homogenización impide obtener una muestra representativa que permita caracterizar con exactitud el agua residual.
- No existen equipos, materiales, instrumentos, reactivos de laboratorio, procedimientos de ensayos, área de trabajo y personal técnico especializado para la realización de los análisis químicos mínimos, necesarios, que permitan identificar y cuantificar las sustancias contaminantes que se encuentran presentes. Así como también para determinar el nivel de remoción de la unidad de tratamiento.
- El tratamiento primario es realizado sin ningún análisis previo, ya que se desconocen las características físicas-químicas del agua residual industrial a ser tratada. Recordemos que la concentración de los contaminantes en el agua es variable por lo que no se puede tratar el agua residual aplicando siempre la misma dosificación de reactivos, los mismos tiempos de reacción, iguales tiempo de sedimentación, etc., lo cual no da la seguridad que la remoción de las sustancias contaminantes haya sido efectiva.
- No existe un ensayo preliminar que permita establecer las condiciones de proceso junto con la determinación de la cantidad teóricamente requerida de los insumos.

- No existen operadores debidamente entrenados en la maniobra de la Unidad de tratamiento de aguas residuales, todas las actividades que realizan los técnicos operarios, la ejecutan por la experiencia obtenida en la práctica y por su apreciación visual, lo cual como es obvio no permite alcanzar la eficiencia y eficacia esperada.
- Se desconoce cómo determinar el nivel de saturación de la unidad de filtración, para proceder con el respectivo mantenimiento y evitar el uso de una unidad que no tiene la capacidad de retener la contaminación.
- Existe un uso indiscriminado de reactivos por la no aplicación de los conceptos básicos de estequiometría para establecer la cantidad teóricamente requerida y evitar la adición de reactivo en exceso, el mismo que no reacciona durante el proceso de coagulación floculación.
- No es posible precisar el nivel de remoción de la contaminación de la unidad de tratamiento por la ausencia de resultados que permitan calificar el respectivo funcionamiento.
- Presencia de floc en la superficie del líquido tratado en calidad de sobrenadante, lo que da muestras de no ha existido una buena formación del floc con el peso adecuado para que se pueda sedimentar, esto se debe por la dosificación inadecuada, es decir, por una dosis excesiva de coagulante o la cantidad no ha sido la suficiente.
- La presencia de floc en calidad de sobrenadante, es una consecuencia de la falta de ajustar el valor de potencial de hidrógeno al valor óptimo que va entre 6.5 y 7.5.

CAPÍTULO VI

OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

6.1. INTRODUCCIÓN

El estudio de tratabilidad del efluente fue llevado a cabo en su totalidad en las instalaciones de la empresa textil.

Primero revisemos resultados de caracterización de aguas residuales cruda y tratada del sistema de tratamiento que se tenían en la unidad de tratamiento de la empresa textilera.

6.1.1. RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL INFLUENTE Y EFLUENTE

Tabla N° 6.1.- Resultados del análisis físico-químico del Influyente y Efluente

Parámetros	Unidades	Resultados	
		Influyente	Efluente
Sólidos suspendidos totales	mg/l	450	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	8974	3380
Potencial de hidrógeno	-----	22.2	20
Cromo hexavalente	mg/l	2	3
Zinc	mg/l	1	1
Plomo	mg/l	0.8	0.4
Barrio	mg/l	7	2
Cadmio	mg/l	0.4	1
Cromo total	mg/l	0.31	20
Aluminio	mg/l	66	3
Aceites y grasas	mg/l	4	1.5
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO ² /l	500	187
Demanda química de oxígeno	mgO ² /l	700	462
Fenoles	mg/l	3	1
Carga contaminante	Kg DQO/día	7.100	5.100
Temperature	oC	70	70
Caudal	m ³ /día	100	100

Fuente: Resultados de Laboratorio PSI

6.1.2 TRABAJO PREVIO A LA TRATABILIDAD

6.1.2.1 Disminución de la temperatura

La temperatura es un parámetro que no estaba siendo considerado, pero el valor promedio con el que ingresaba a la unidad de homogenización era de aproximadamente 70 °C, este valor impedía un buen tratamiento por lo que se fue necesario la construcción de la torre de enfriamiento para disminuir los valores de temperatura hasta 35°C.

Foto No 6.1.- Torre de enfriamiento



Fuente: Tomada de la empresa textilera

Una vez instalada la torre se logró alcanzar en la unidad de homogenización una temperatura de 35°C., que es una temperatura que permite la acción oxidante del cloro de manera efectiva además de una mejor formación de flock.

6.1.2.2 Homogenización del agua

Una vez disminuida el valor de temperatura del agua con el paso por la torre de enfriamiento al mismo tiempo se logro mejorar la homogenización de la calidad del agua residual debido al movimiento a la que es sometida por la unidad de bombeo.

Foto No 6.2 Unidad de Homogenización



Fuente: Tomada de la empresa textilera

La correcta homogenización del agua ayuda a establecer las cantidades exactas que deben de adicionarse de reactivos.

6.1.2.3 Habilitar la unidad de filtrado

Se habilito la unidad de filtrado del agua residual, debido a que esta unidad se encontraba colmatada por lo que el paso del agua residual por esta unidad de depuración no cumplía ninguna función.

Para realizar esta habilitación únicamente se remplazo los materiales por nuevos medios filtrantes de la misma característica en igual cantidad.

Foto No 6.3 Unidad de Filtrado



Fuente: Tomada de la empresa textilera

6.1.2.4 Concienciación al personal operativo.

Se procedió a entrenar al personal que opera la unidad de tratamiento para que aprendan a identificar los riesgos a los que está expuesta la empresa en el momento en el que el proceso no es desarrollado respetando sus variables.

En esta actividad se identificó las necesidades del personal para llevar adecuadamente la depuración de las aguas residuales industriales, determinando que entre las más significativas era la falta de iluminación cuando se opera en las noches y la falta de comunicación cuando se realizan los cambios de materiales en los procesos, lo que genera una alteración en la concentración de los contaminantes.

Para dar solución a la falta de iluminación se instaló una luminaria que es alimentada por energía solar, en la foto muestra el panel donde se encuentran las baterías.

Foto No 6.4.-Panel de las baterías para la iluminación del área.



Fuente: Tomada de la empresa textilera

Para la falta de comunicación se acordó que siempre que se realicen cambios de material, es importante comunicar al operador de la unidad de tratamiento para que esté informado y proceda con la debida modificación y ajuste de las concentraciones de los reactivos requeridos en el proceso de depuración del agua residual industrial.

6.3 NUEVO SISTEMA DE PRE - TRATAMIENTO

En el sistema de pre-tratamiento de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales de una empresa textil, no fue necesario realizar ninguna modificación, tal como se estableció en el diagnóstico y evaluación previa debido a que el agua residual a tratar no contiene residuos sólidos gruesos.

6.4 NUEVO PROCESO DE TRATAMIENTO PRIMARIO

Para la realización de la optimización de la unidad de tratamiento primario fue necesario realizar las modificaciones de acuerdo a lo establecido en la tratabilidad de las aguas residuales, las mismas que fueron las que se detallan en los siguientes ítems.

6.4.1 ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN EN LA OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO

Para poder realizar la operación de la unidad de tratamiento de manera apropiada es imprescindible el entrenamiento y capacitación al personal que administra y opera la estación depuradora, para que una vez que tenga el conocimiento de la importancia pueda hacer el trabajo con mucha responsabilidad para el cuidado del medio ambiente. Sin el conocimiento no se hace posible una buena operación y los resultados no serían satisfactorios. Este entrenamiento debe ser de manera permanente para que se pueda identificar los errores más comunes durante la operación, determinar el origen de sus causas, establecer medidas que permitan corregir e instituir medidas de control que permitan minimizar los riesgos de repetir las mismas faltas.

Durante el proceso de tratabilidad de las aguas se tuvo la oportunidad de ir entrenando en el campo sobre cada uno de los procesos que se deben de realizar para alcanzar una remoción efectiva de la contaminación. En este entrenamiento práctico se aclararon muchas de las dudas y se estableció la importancia de realizar cada paso con responsabilidad para beneficio de todos quienes hacemos el medio ambiente. En el anexo de fotos se pueda apreciar la participación del personal tanto operativo como administrativo de la operación de la unidad.

6.4.2 COMPRA DE MATERIALES Y EQUIPOS

Con la finalidad de poder evaluar la calidad del agua que se va a encauzar y determinar las condiciones con que debe ser procesada el agua residual de la empresa, la gerencia general consciente de la importancia aprobó la compra de materiales, equipos, reactivos, instrumentos, equipos de protección personal para poder realizar la caracterización y establecer las dosis más apropiadas para alcanzar la remoción más efectiva usando la cantidad de reactivos teóricamente requeridos y evitar el sobreuso. Además se estableció un área de operaciones para la realización de pruebas, el cual más adelante se lo

acondicionara como establece las normas para un mejor desenvolvimiento de las actividades de laboratorio.

6.4.3 MEJORA EN EL SISTEMA DE HOMOGENIZACIÓN

Para propiciar una homogenización de las aguas residuales almacenadas en el ecualizador, se implementó un sistema de recirculación del agua a través de una bomba centrífuga lo que permitió mantener homogénea la concentración de la solución y de esta forma propiciar una mejor reacción con los insumos químicos adicionados para propiciar una adecuada separación de la contaminación. En el anexo de fotos se puede apreciar la instalación de la bomba de recirculación, la misma que tiene una función múltiple ya que también permite el traspaso del agua hacia la torre de enfriamiento para la disminución de la temperatura.

6.4.4 INTRODUCCION DE ARCILLA

Para la optimización de la sedimentación se incorpora la ARCILLA ACTIVADA, que tiene las siguientes propiedades:

- Propiedad de adsorción de coloides
- Propiedad de retención de metales pesados

El filtro de de arcilla es incorporado para la optimización de la unidad de tratamiento de las aguas residuales industriales.

6.4.5 INTRODUCCIÓN DE FILTRO DE SEDIMENTOS

En la unidad de tratamiento se incorpora la instalación de un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO5
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

6.4.6 INTRODUCCIÓN DE FILTRO DE CARBON ACTIVADO

Para la optimización de los resultados se hace pasar el agua por un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO5
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

Por ahora se habilitó un solo filtro, en el futuro se tiene contemplado la incorporación de una nueva unidad de filtración para cuando el filtro No 1 se sature y se deba realizar el mantenimiento respectivo, seguir operando con el filtro No 2.

CAPITULO VII

RESULTADOS

7.1 RESULTADOS INICIALES PREVIO A LA OPTIMIZACIÓN

Los resultados obtenidos previos a la aplicación de las medidas para la optimización de la unidad de tratamiento de las aguas residuales industriales se encuentran en la tabla No 7.1

M1: Muestra de agua residual a la entrada de la unidad de tratamiento

M2: Muestra de agua residual a la salida de la unidad de tratamiento

Tabla No 7.1.- Resultados iniciales previos a la optimización

Resultados de análisis de entrada y salida de la Unidad de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una empresa textil		
Parámetros	Concentraciones	
	Muestra 1	Muestra 2
Sólidos suspendidos totales	450	350
Sólidos disueltos totales	8974	3380
Potencial de hidrógeno	22.2	20
Cromo hexavalente	2	3
Zinc	1	1
Plomo	0.8	0.4
Barrio	7	2
Cadmio	0.4	1
Cromo total	0.31	20
Aluminio	66	3
Aceites y grasas	4	1.5
Demanda bioquímica de oxígeno	500	187
Demanda química de oxígeno	700	462
Fenoles	3	1
Carga contaminante	7.100	5.100
Temperature	70	70
Caudal	100	100

Fuente: Resultados del Laboratorio PSI

7.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE TRATABILIDAD

Para la prueba de tratabilidad se realizaron dos pruebas, la primera con las sustancias que se venían empleando y la segunda con el nuevo sistema propuesto. Así tenemos los siguientes resultados:

- Resultados de sustancias empleadas con la respectiva dosis a nivel piloto.
- Resultados de los análisis de agua de entrada y salida de la unidad de tratamiento de aguas residuales industriales con el nuevo sistema propuesto.

7.2.1 RESULTADOS DE SUSTANCIAS EMPLEADAS CON LA RESPECTIVA DOSIS

Los resultados comparativos obtenidos de la caracterización del agua tratada a nivel de equipo piloto se los confronto con las características del agua residual cruda y la tratada con Cal – Sulfato de Aluminio y ozono, en la siguiente tabla (Condiciones normales de temperatura y presión):

M-1: Efluente crudo

M-2: Muestra Tratada con Cal – Sulfato de Aluminio- polielectrolito- Filtro de sedimentos.

M-3: Muestra Tratada con Cal o Ácido Sulfúrico – Sulfato de Aluminio – polielectrolito- Cloro – Filtro de sedimentos – Filtro de arcilla- Filtro de Carbón Activado.

Los análisis de estos resultados son presentados en la siguiente tabla:

M1: Muestra de agua cruda

M2: Muestra tratada con el procedimiento anterior

M3: Muestra tratada con el nuevo procedimiento.

TABLA No 7.2 Resultados de la prueba de tratabilidad

Resultados de las pruebas de Tratabilidad de Aguas Residuales Industriales de una empresa textil			
Parámetros	Concentraciones		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Sólidos suspendidos totales	450	300	12
Sólidos disueltos totales	8974	3080	2730
Potencial de hidrógeno	22.2	18	6
Cromo hexavalente	2	2	0.001
Zinc	1	0.7	0.5
Plomo	0.8	0.3	0.0003
Barrio	7	1	0.0438
Cadmio	0.4	0.6	0.0003
Cromo total	0.31	18	0.0011
Aluminio	66	2	0.460
Aceites y grasas	4	1	0.1
Demanda bioquímica de oxígeno	500	180	19
Demanda química de oxígeno	700	400	71
Fenoles	3	0.58	0.013
Carga contaminante	7.100	5.100	5.000
Temperature	70	70	29.4
Caudal	100	100	100

Fuente: Resultados de Laboratorio PSI

7.2.2 RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DE AGUA DE ENTRADA Y SALIDA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES CON EL NUEVO SISTEMA PROPUESTO

Los resultados obtenidos de la calidad de agua de entrada y salida de la unidad de tratamiento de las aguas residuales de una empresa textil a la entrada y a la salida de la estación depuradora con el tratamiento propuesto son los que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla No 7.2.- Resultado de análisis de agua de entrada y salida

Parámetros	Unidades	Resultados	
		Influente	Efluente tratado final
Sólidos suspendidos totales	mg/l	450	12
Sólidos disueltos totales	mg/l	8974	2730
Potencial de hidrógeno	----	22.2	6
Cromo hexavalente	mg/l	2	0.001
Zinc	mg/l	1	0.5
Plomo	mg/l	0.8	0.0003
Barrio	mg/l	7	0.0438
Cadmio	mg/l	0.4	0.0003
Cromo total	mg/l	0.31	0.0011
Aluminio	mg/l	66	0.460
Aceites y grasas	mg/l	4	0.1
Demanda bioquímica de oxígeno	mgO ² /l	500	19
Demanda química de oxígeno	mgO ² /l	700	71
Fenoles	mg/l	3	0.013
Carga contaminante	Kg DQO/día	7.100	5.000
Temperature	oC	35	29.4
Caudal	m ³ /día	100	100

Fuente: Resultados de Laboratorio PSI

7.3 ANÁLISIS

7.3.1 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS INICIALES PREVIOS A LA OPTIMIZACIÓN

El agua tratada en la unidad de depuración de aguas residuales industriales de la empresa textilera, no cumple en ninguno de los parámetros lo cual genera contaminación a la fuente de agua dulce. Es consecuencia de las malas prácticas que se desarrollan. Este resultado cuenta con el aval del laboratorio acreditado de Productos y Servicios Industriales Cía Ltda., que es una empresa de servicios para monitoreo y realización de ensayos para la determinación de la calidad del agua, de prestigio en la ciudad de Guayaquil.

7.3.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA TRATABILIDAD DE LAS AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a los resultados observados podemos apreciar que la muestra de tratabilidad No 2, presenta una remoción mínima de la contaminación a diferencia de la muestra No 3, en donde la remoción de la contaminación es más efectiva, llegando a remover la contaminación del agua, situándola por debajo del límite máximo permisible que establece la norma en la tabla No 12, de acuerdo a lo que establece el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente para la descarga a cuerpos de agua dulce.

Por lo que la prueba de tratabilidad empleada en la muestra No 3, es considerada la óptima para la remoción.

La dosis y los materiales empleados en la muestra No 3, fueron los seleccionados para ser usados en el proceso de depuración de las aguas residuales de la unidad textilera, cuyos resultados fueron satisfactorios, debido a que como indica la tabla de resultados, todos los parámetros que determinan la calidad del agua previo a su descarga se encuentran por debajo de los valores del límite máximo permisible.

7.4 ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN AL PERSONAL

7.4.1 Introducción

La ejecución efectiva de un trabajo depende del entrenamiento adecuado y el desarrollo personal. Un buen sistema de entrenamiento requiere un análisis sistemático de las necesidades de entrenamiento, programas de entrenamiento con objetivos claros, calidad

en los materiales escritos, planes de lecciones, pruebas y ayudas audiovisuales, instructores cualificados, métodos de evaluación y mejora de la efectividad del entrenamiento.

El éxito al operar una unidad de tratamiento de aguas residuales industriales requiere el entrenamiento de todos los empleados para el desarrollo de las habilidades de liderazgo y conocimiento. El entrenamiento en liderazgo provee un entrenamiento de los sistemas y procedimientos, y el conocimiento de los fundamentos de control de la estación depuradora. El entrenamiento es motivacional, educacional y los programas de entrenamiento planeados aseguran que se haya colocado una dirección consistente para el mejoramiento de la administración del control de la operación de la estación depuradora de aguas residuales industriales de una empresa textil.

7.4.2 DEFINICIONES Y CONCEPTOS

En la revisión del marco teórico aplicable a la actividad de una empresa textil, se establecieron algunas definiciones importantes requeridas para el manejo de las aguas residuales, por lo cual no se las considera necesario nombrarlas nuevamente en esta sección, pero estos criterios si son necesarios considerarlos en el proceso de entrenamiento y capacitación al personal de la planta que opera la unidad de tratamiento.

7.4.2.1 MEDICIÓN DE CAUDAL.

La medición de flujo constituye tal vez, el eje más alto porcentaje en cuanto a medición de variables industriales se refiere. Ninguna otra variable tiene la importancia de esta, ya que sin mediciones de flujo, sería imposible el balance de materiales, el control de calidad y aún la operación de procesos.

La medición del caudal exige un conocimiento práctico de la tecnología del medidor, además de un profundo conocimiento del proceso y del fluido que se quiere medir. En el

tratamiento de las aguas residuales, es necesario conocer los caudales con el fin de determinar los balances de materiales requeridos para las plantas depuradoras.

En la empresa, se facilita el proceso de medición de caudal en virtud que toda el agua residual producida es recogida en la piscina No 1, de manera que el agua es tratada una vez se tenga la carga requerida para iniciar el proceso del agua. Normalmente en la planta hasta el momento solo se han tratado tres metros cúbicos de agua residual por mes. De manera que el caudal ha permanecido constante. Esto hace que las operaciones se las haga por paradas lo que facilita la caracterización y la homogenización del agua a ser tratada y por consiguiente se facilita el control de la medición de caudal, en virtud que se tiene identificado el punto en la cisterna en el cual marcan los tres metros cúbicos.

Este valor es importante precisarlo en virtud, que en base a cantidad de agua se proyectaran los consumos de las sustancias al igual que el tiempo del proceso. De manera que al ser el caudal casi permanente, esta medición está controlada.

En este punto se les indico a los operadores y personal de control de la planta la importancia de siempre operar con el caudal pre-establecido.

7.4.2.2 ENSAYO DE TEST DE JARRA

El ensayo de test de jarras es una prueba de simulación en el laboratorio de las operaciones de coagulación, floculación decantación que se hacen en la planta de tratamiento y purificación de aguas. Al igual que otras pruebas analíticas, el método ha sido estandarizado para facilitar la comparación y la convalidación de los resultados.

El test de Jarra es un procedimiento que se comúnmente en los laboratorios. Este método determina las condiciones de operación óptimas generalmente para el tratamiento de aguas.

El test de Jarra permite ajustar el pH, hacer variaciones en las dosis de las diferentes sustancias químicas que se añaden a las muestras, alternar velocidades de mezclado y recrear a pequeña escala lo que se podría ver en un equipo de tamaño industrial

El test de jarra se utiliza para determinar la dosis más efectiva de coagulante para un agua específica durante el control de la coagulación y floculación en una planta de tratamiento, especialmente cuando la calidad de agua fluctúa rápidamente. Se puede utilizar también con objeto de determinar la velocidad de sedimentación para el diseño de tanques de sedimentación y conocer el potencial del agua cruda para la filtración directa.

Un test de Jarra puede simular los procesos de coagulación o floculación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica.

El aparato de Test de Jarra fue desarrollado entre 1918 y 1921 por Langelier y Baylis, separadamente. Consta básicamente de un agitador múltiple de velocidad variable que puede crear turbulencia simultáneamente en 6 vasos de precipitación y una lámpara de iluminación como se destaca en la figura.

7.4.2.3 TURBIDÍMETRO

La medición de turbiedad del agua después de floculada y sedimentada durante un cierto tiempo (turbiedad residual) suele considerarse como el parámetro más importante para caracterizar el proceso. Puede hacerse con un turbidímetro de transmisión como el Hellige o con uno de sedimentación como el Hach o el Fisher. Cuando se trata de evaluar pequeños valores de turbiedad es preferible el uso de turbidímetros de diseminación, por ser más precisos y no depender del criterio del observador.

Los métodos normales de los estados Unidos recomiendan registrar la turbiedad, redondeando las cifras, como se indica a continuación:

Tabla Nº 7.4.- Valores e intervalos de Turbidímetro

Turbiedad (UNT)	Utilizar intervalos de:
0-10	0.05
1-10	0.1
10-40	1.0
40-100	5
100-400	10
400-1000	50
1000	100

Fuente: Tomado del TULSMA

En la actualidad, para medir la turbiedad del agua se han establecido las unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT) que se correlacionan con las Unidades Jackson (UJ) utilizadas anteriormente.

7.4.2.4 COMPARADOR DE COLOR

Con frecuencia existe más interés en tratar de remover el color que la turbiedad. En estos casos la medición del color residual del agua después de floculada y sedimentada puede servir para caracterizar el ensayo. El color puede medirse mediante comparación con el método del platino – cobalto o con equipos especiales, como el Aquatester, y se expresa en unidades de color.

Las cifras se redondean de acuerdo con los Métodos Normales así:

Tabla No 7.5.- Valores del color

Color	Utilizar intervalos de:
1-50	1
51-100	5
101-250	10
251-500	20

Fuente: Tomado del TULSMA

7.4.2.5 MEDIDOR DE pH

La medición de pH antes y después de la floculación tiene una importancia básica. Por tanto, debe disponerse siempre de un sistema de medida del pH, ya sea por colorimetría o con electrodos. Este último es preferible porque es el único método que puede medir pequeñas variaciones.

7.4.2.6 CRISTALERÍA

Se necesitan 6 vasos de precipitado (jarras), preferentemente de 2000 ml c/u, aunque también pueden usarse de 1000 ml. De uso más cómodo son los vasos cuadrados de acrílicos de 1000 ml. Hacer el ensayo con un mayor volumen de agua facilita la toma de muestras para la turbiedad residual y producen mejores resultados. Debe disponerse, además, de pipetas Mohr de 2 y 10 ml. para la adición de coagulantes a los vasos, 6 frascos de vidrio de 120 ml. con sus tapas y dos buretas con su respectivo soporte para poder efectuar determinaciones de alcalinidad.

Especial cuidado debe ponerse en la limpieza de la cristalería. Hay que evitar el uso de detergentes ya que muchos contienen compuestos aniónicos que si no son completamente

eliminados de las paredes de vidrio pueden alterar en forma significativa los resultados, principalmente cuando se usan polímeros catiónicos.

7.4.2.7 REACTIVOS

El reactivo principal es la solución de sulfato de aluminio, o cloruro o sulfato férrico. Se prepara agregando agua destilada a 100 gr de coagulante hasta completar un volumen de 100 ml, con lo que se obtiene una solución del 10% que se puede conservar como solución patrón por uno o dos o tres meses.

El ensayo de Test de Jarras se hace diluyendo 10 ml de la solución patrón hasta completar 100 ml con agua destilada. Queda una solución al 1% que no se puede conservar por más de 24 horas pues corre el riesgo de hidrolizarse y perder buena parte de su capacidad de coagulación.

Cuando es necesario, debido a la baja alcalinidad de la muestra, hay que preparar una suspensión de cal añadiendo agua destilada a 10 gr de dicho material hasta completar un volumen total de 1000 ml. Debe anotarse el compuesto de cal que se ha utilizado: CaO o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y evitarse el contacto de la suspensión así preparada con aire, cuyo contenido de CO_2 puede reaccionar con el óxido de calcio para formar carbonato que precipita. Antes de usarla hay que agitar la suspensión.

7.4.2.8 TERMÓMETRO

El Test de Jarras debe realizarse, en lo posible, a la misma temperatura que la que tiene el agua en la planta de tratamiento. Dejar los vasos sobre el iluminador de la base prendido o sobre un objeto caliente afecta la temperatura y produce resultados variables e inconsistentes. Por eso, es conveniente tener un termómetro para medir la temperatura del agua antes de iniciar los ensayos y en la Planta de tratamiento.

7.4.2.9 SOLUCIONES QUÍMICAS

Se deben preparar soluciones madres de los coagulantes, coadyuvantes coagulantes y otros reactivos químicos a concentraciones tales que las cantidades adecuadas para utilizarse en las pruebas de coagulación se puedan medir exacta y convenientemente.

Tabla Nº 7.6.- Soluciones químicas

Reactivo químico	Concentración de la solución madre	Vida	1ml/lit de agua equivalente a
Sulfato de aluminio	1%	1 mes	10 mg/lit
Cal	1%	1 mes	10 mg/lit
Polielectrolito	0.05%	1 semana	0.5 mg/lit
Acido sulfúrico	0.1N	3 meses	4.9 mg/lit

Fuente: Los autores

- Las suspensiones de cal se deben mezclar agitándose cada vez que se utilicen.
- Las soluciones de Polielectrolito se deben utilizar de acuerdo con las instrucciones de los fabricantes.

7.4.2.10 PROCEDIMIENTO DEL TEST DE JARRA PARA EL TRATAMIENTO DE COAGULACIÓN

El procedimiento para llevar a cabo la prueba es:

- 1) Determinar la temperatura del agua cruda, el color, la turbiedad, el pH y la alcalinidad. También el hierro y/o el manganeso si son significativos.
- 2) Añadir los coagulantes al agua en dosis progresivas en cada vaso de precipitado en cualquiera de las tres formas siguientes:
 - Se coloca el agua de la muestra en las 6 jarras, las cuales se introducen debajo de los agitadores, los cuales se ponen a funcionar a 100 rpm. Luego,

se inyecta el coagulante con una pipeta de 2 a 10 ml, profundamente dentro del líquido junto a la paleta. No debe dejarse caer la solución del coagulante en la superficie del agua, pues esto desmejora la eficiencia de la mezcla rápida. El tiempo de mezclado suele ser entre 30 y 60 segundos. El uso de pipetas puede producir errores en la dosificación, en más o menos, cuando no se hace con mucho cuidado.

- Por medio de una pipeta o bureta se colocan las cantidades de coagulantes que se van a agregar, en seis vasos pequeños de precipitado. El contenido de cada vaso se succiona con una jeringa médica provista de su aguja hipodérmica. Se retira dicha aguja de la jeringa y esta última, con su dosis completa, se pone junto a la jarra correspondiente. Se hacen girar las paletas del aparato a 100 rpm y se inyecta el contenido de cada jeringa en la jarra que le corresponde, cuidando que la solución penetre profundamente para que la dispersión sea más rápida.
- Se pone previamente en las jarras la dosis de coagulantes requeridas y se vierte rápidamente el agua de la muestra en los mismos, mientras se hacen girar las paletas a 100 rpm. Esto produce una mezcla completísima, muy semejante a la que se obtiene en un salto hidráulico. Una vez hecha la mezcla rápida se disminuye la velocidad de rotación de las paletas a 30 – 60 rpm (promedio de 40 rpm) y se deja flocular el agua durante 15 – 30 min, o durante el tiempo teórico de detención que exista en la planta de tratamiento. Luego se suspende la agitación, se extraen las paletas y se deja sedimentar el agua.

Los sistemas anteriores tienen la desventaja de que la inyección de coagulante no es simultánea y si se quieren tomar muestras en determinado momento, después de iniciada la coagulación, se comete un error en tiempo pues las paletas solo se pueden detener simultáneamente en la mayoría de los equipos.

Una vez mezclados los coagulantes con el agua se pueden hacer las determinaciones de tipo cualitativo tales como evaluación del tamaño del floc producido o tiempo inicial de formación del floc; y determinaciones cuantitativas como:

- Determinaciones físicas
- Determinaciones químicas

7.4.2.10.1 DETERMINACIONES CUALITATIVAS

- a) Tamaño del floc producido.- Puede expresarse su tamaño en mm de acuerdo con el comparador desarrollado por el Water Research Institute de Inglaterra, o según el índice de Willcomb. Se escoge como dosis óptima de la jarra que produce una partícula más grande, de mayor velocidad de asentamiento aparente y que deje ver el agua más cristalina entre los flóculos. Esta determinación es bastante subjetiva y depende del criterio del observador.

Tabla Nº 7.7.- Índice de floculación de Willcomb

Número del índice	Descripción
0	Floc coloidal. Ningún signo de aglutinación
2	Visible. Floc muy pequeño , casi imperceptible para un observador no entrenado
4	Disperso. Floc bien formado pero uniformemente distribuidos.(Sedimenta muy lentamente o no sedimenta)
6	Claro. Floc de tamaño relativamente grande pero que precipita con lentitud
8	Bueno. Floc que se deposita fácil pero completamente
10	Excelente. Floc que se deposita todo dejando el agua cristalina

Fuente: Tomado del Texto Fundamentos de Ingeniería Ambiental LIMUSA

- b) Tiempo inicial de formación del floc.- Determinar, en segundos, el tiempo que tarda en aparecer el primer inicio de formación de floc, es uno de los sistemas para calificar la velocidad de la reacción. La iluminación de la base del agitador ayuda en esta determinación. Ni aún así suele ser fácil, pues el floc recién formado suele ser

incoloro. Por otra parte, el floc que se forma más rápidamente no necesariamente es el mejor.

- c) En esta evaluación debe tenerse en cuenta la diferencia de tiempo con que se agregaron los coagulantes a los vasos de precipitado. Si no se dispone de un sistema de aplicación simultánea que vierta la solución en las 6 jarras casi al mismo tiempo, el coagulante tiene que agregarse con intervalos de 10 a 30 segundos con cada vaso y debe marcarse en los mismos, con lápiz de cera el tiempo de aplicación en la forma siguiente: $t=0$ (para el vaso Nº1); $t=10$ seg. (para el vaso Nº 2); $t=20$ (para el vaso Nº3); etc. El tiempo de aparición de la primera jarra, hasta que se note el primer indicio de floc, menos el tiempo que tardó en hacerse la aplicación a la jarra considerada. Cuando se usa jeringas hipodérmicas y se utilizan de dos en dos, la inyección puede considerarse prácticamente como simultánea.

7.4.2.10.2 DETERMINACIONES CUANTITATIVAS

a) Determinaciones Físico – Químicas.- Para poder realizar las determinaciones físico – químicas se deben extraer muestras del sobrenadante después de un período de decantación no inferior a 10 minutos para medirle la turbiedad residual con un turbidímetro nefelométrico tipo Hach o Fischer, a fin de hacer una exacta evaluación de la remoción de partículas que se obtuvo durante la sedimentación, la cual se puede considerar que está en función directa de la eficiencia de la aglutinación. La muestra extraída puede usarse también para hacer otras determinaciones tales como color, alcalinidad y pH.

Existen tres sistemas para tomar éstas muestras en las jarras:

1. El uso de pipetas volumétrico graduadas.
2. El uso de sifones, ya sea sifón fijo o flotante.
3. El uso de celdas plásticas cuadradas tipo Hudson.

1. El sistema tradicional de tomar muestras residuales es el de utilizar una pipeta volumétrica de 50 ml la cual debe señalarse con un marcador a cinco centímetros de la punta, a fin de poder extraer la muestra siempre a la misma profundidad, sin embargo, este sistema tiene el inconveniente de que el ángulo con el cual se introduce la pipeta dentro del líquido puede variar, con lo cual cambia también la profundidad a la cual se toma la muestra y que además durante el proceso de introducción de la pipeta dentro del agua se pueden generar turbulencias que alteran los resultados.
2. Los sifones se usan con vaso de precipitado ya sea una turbulencia adicional que puede aumentar los gradientes de velocidad y se necesitaría calibrar las jarras para obtener el módulo de Camp para cada velocidad de rotación de las paletas. Las calibraciones de los vasos de precipitado que aparecen en los libros y manuales están hechos para condiciones específicas que no pueden alterarse, por eso, se han utilizado sifones flotantes de icopor que deben ponerse en las jarras tan pronto como se suspende la agitación en ellas, estos sifones, si bien dan resultados bastante aceptables y con ellos se han realizado algunas de las pruebas de laboratorio, tienen la desventaja de que son difíciles de construir para que operen adecuadamente pues tienen la tendencia a girar dentro del vaso de precipitado y a producir durante el proceso de extracción de la muestra agitaciones por movimientos del sifón.
3. Por tal motivo, Hudson y Wagner desarrollaron una celda hecha en acrílico de sección rectangular, con dimensiones de 11.5 x 11.5 x 21.0 centímetros y 2 litros de capacidad, que tiene un tubo de cobre de 3/16" situado a 10 centímetros por debajo del nivel del agua, en este orificio va colocado un tapón perforado por el cual pasa una manguera de látex de 3/16", para regularizar la velocidad de extracción de la muestra en todas las celdas, se les pone a la salida de las mangueras de látex, un pequeño tramo de tubo de vidrio con su extremo cerrado por soplete que deje un orificio del mismo diámetro en todos ellos. Se consigue así que la tasa de extracción de la muestra sea uniforme en todas, a razón de 100 cm/min, aún con la pinza abierta completamente, tan pronto como se suspende la agitación en las jarras, se

coloca el disco flotante A en ellas, se imprima el sifón B con la jeringa D y se pone el tapón C en el extremo de la manguera B. Preparado así el equipo, cada vez que se quieren tomar muestras, se abre la pinza C de la manguera B y se recolecta el agua en el recipiente E. Obtenida la cantidad necesaria, se cierra C. De esta manera, pueden tomarse muestras consecutivas.

Para que este tipo de ensayo sea válido es conveniente observar las siguientes precauciones:

- Se debe extraer el agua a una rata constante, siempre la misma para todos los ensayos, por cuanto la velocidad de salida, mayor cantidad de floc es succionado. Los dispositivos descritos tienen en cuenta esto, principalmente.
- La muestra debe tomarse a una profundidad constante de 10 centímetros.
- Debe buscarse el ensayo, para evitar una modificación sustancial del volumen analizado. Esto limita a un máximo de 400 ml las muestras que se pueden obtener de una jarra de 2000 ml, lo que produciría una reducción del 20% del volumen.
- La temperatura debe ser la misma en todas las jarras durante el tiempo que dure el experimento e igual a la del agua en la planta.

7.5 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO

El conocimiento de la operación de la unidad de tratamiento es muy importante, en virtud que permitirá actuar adecuadamente y se podrá minimizar los errores durante la operación. La operación de la unidad de tratamiento será realizada considerando los siguientes aspectos:

- Medición del volumen de agua a tratar.
- Caracterizar el agua para determinar su concentración en carga contaminante.
- Realizar el ensayo de test de jarras para establecer el valor óptimo requerido de los reactivos para propiciar la separación.

En la unidad de homogenización se procederá con la regulación del potencial de hidrógeno, la temperatura y una homogenización de la muestra mediante la agitación por medio de la recirculación.

Para la neutralización se utiliza la cal o el ácido sulfúrico.

Una vez corregido el ph, seguimos dosificando los productos que son el Sulfato de aluminio y el polielectrolito.

Se adiciona el cloro con la finalidad de oxidar para proceder a la disminución del color del agua residual, así como también participa en la disminución de la concentración de la DQO y DBO_5 .

Pasa por el filtro de sedimentos en donde se retienen los floc obtenidos del proceso de coagulación y floculación.

Pasa por el filtro de ARCILLA ACTIVADA, que tiene las siguientes propiedades:

- Propiedad de adsorción de coloides
- Propiedad de retención de metales pesados

Paso del agua por un filtro para retención de sedimentos de 30 micras y una columna de carbón activado granulado de alta eficiencia.

El carbón granulado tiene las siguientes propiedades purificadoras de agua:

- Adsorbe moléculas orgánicas, dando como resultado la disminución de la DQO y DBO_5
- Adsorbe coloides, dando como resultado la disminución del color y del mal olor del agua residual tratada.

Finalmente el agua es descargada, hacia los canales de aguas servidas.

7.6 CRONOGRAMA DE ENTRENAMIENTO Y CAPACITACIÓN

El cronograma de entrenamiento y capacitación está establecido para que se desarrolle de manera anual en los temas indicados arriba.

Tabla No 7.9.- Cronograma de capacitación

TEMAS	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO
Importancia de la Unidad de tratamiento				
Definiciones y conceptos				
Medición de flujos				
Ensayos de test de jarras				
Procedimientos de operación de la unidad.				
Evaluar los resultados de laboratorio.				

Fuente: Elaborada por los autores

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

Una vez terminado el presente estudio describimos las conclusiones que consideramos más significativas, las mismas que son:

- Se ha verificado la ausencia total de los equipos y materiales de laboratorio, al igual que un área específica para realizar los ensayos requeridos de laboratorio que permitan visualizar las características físico/químicas tanto del agua cruda como del agua tratada, lo que impide tener una claridad del proceso a realizar y menos aún determinar si los resultados obtenidos están enmarcados en lo que establece la normativa ambiental.
- Se ha comprobado la presencia mínima de registros que evidencien la operación de la unidad de tratamiento. En las pocas hojas de registros de operación no se establece la persona que los llena, se desconoce quién los revisa y aprueba.
- No existe un manual de operaciones que precisen el objetivo, alcance, las responsabilidades, los procedimientos, variables de control críticas, ensayos a realizar y registros que se precisan llevar.
- El desarrollo del presente estudio ha permitido identificar que la causa más significativa por la que las aguas residuales de la empresa presentaba una alta carga contaminante es la contaminación que sufrían las aguas.
- La prueba de tratabilidad ha permitido diferenciar los resultados obtenidos entre el método anterior y la nueva propuesta para el tratamiento de las aguas residuales industriales de la empresa textil, lo que ha permitido precisar que la nueva propuesta es más conveniente en función de los resultados obtenidos.
- Durante el tiempo de realización de las pruebas en la planta se pudo comprobar la deficiencia en el conocimiento de: conceptos, definiciones, análisis requeridos de laboratorio, ensayos de test de jarras, concentración, dosificación y función de los reactivos requeridos para el proceso de depuración, normativa de descarga,

importancia del uso correcto de equipos de protección personal, tiempos de residencia, procedimientos de operación, importancia de la actuación con responsabilidad social; tanto del personal que opera y administra la unidad de tratamiento.

- Durante la investigación, se aprovecho para dar un entrenamiento práctico al personal operativo y administrativo de la empresa, con la finalidad de que se evidencie la importancia de implementar el programa de entrenamiento y capacitación para el buen manejo de la unidad de tratamiento de aguas residuales.
- Para alcanzar a cumplir con lo que establece la normativa ambiental vigente, fue necesario incorporar la torre de enfriamiento, la incorporación de filtrado de tierra activada y el cambio de los materiales de la unidad de filtración.
- Los análisis de laboratorio que evidencian los buenos resultados obtenidos mediante el nuevo procedimiento de depuración de las aguas residuales industriales fueron realizados por el laboratorio Productos y Servicios Industriales C. Ltda. (PSI), ente acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano, (OAE).
- Para la elaboración del Informe de Resultados de los análisis de aguas residuales, el laboratorio acreditado, a través, de su propio personal participo desde el proceso de la toma de muestra, realización de ensayos, elaboración de reporte y entrega de resultados. De esta forma se asegura que no exista ninguna interferencia para asegurar la confiabilidad de los resultados obtenidos. En el anexo de fotografías se puede verificar el proceso desarrollado por el Laboratorio de Productos y Servicios Industriales C. Ltda.
- La empresa textilera, es una actividad que no genera mayor impacto al entorno donde está ubicada debido a que se trata de un sector calificado como industrial del alto impacto, es evidente que su gestión está encaminada a realizar sus actividades muy apegadas al marco legal, lo demuestra en virtud que cuenta con todos los permisos requeridos por las diversas autoridades de control, declaraciones de impuestos, operadores con todos los beneficios sociales, pólizas de fiel cumplimiento para asegurar su plan de manejo, tiene la respectiva Licencia

Ambiental para el desarrollo de sus actividades. Su representante legal está muy consciente de la importancia de realizar las actividades en el marco de la responsabilidad social, está muy comprometido con la sostenibilidad de su negocio.

8.2 RECOMENDACIONES

Con la finalidad de mantener una óptima operación de la Unidad de la Unidad de Tratamiento de aguas residuales industriales, es necesario:

- Realizar el entrenamiento y capacitación programado para que el personal tenga la oportunidad de refrescar los conocimientos mínimos requeridos para una buena operación de la unidad y que además tenga pleno conocimiento para minimizar los posibles errores que por desconocimiento se puedan producir y elevar el grado de conciencia del personal.
- Mantener un control especial sobre la operación de dosificación de los reactivos para minimizar el mal uso de los reactivos.
- Se recomienda comprar un equipo HACH de laboratorio de campo, así como también dotar de los materiales y equipos mínimo de laboratorio, acondicionar un área específica, para poder realizar los ensayos preliminares que permitan tener una visualización del agua que va a ser tratada así como también para poder predeterminedar la calidad del agua procesada y de esta manera poder tomar la debida acción correctiva, previo al envío al laboratorio externo para su comprobación final.
- Se recomienda la implementación de un manual de operaciones que esté al alcance de todo el personal que sirva de guía para que puedan desarrollar de manera adecuada la operación de la unidad de tratamiento y a la vez que permita tomar acciones correctivas de manera inmediata recurriendo a lo que está establecido en el manual.

- Se recomienda realizar un estudio de los lodos obtenidos del proceso de depuración de las aguas residuales para establecer el proceso más adecuado para una disposición final acorde con lo establecido en la normativa ambiental vigente.
- Observar el proceso de funcionamiento de la filtración para determinar el momento saturación y proceder al cambio de los medios filtrantes para asegura la calidad de las aguas que son descargadas hacia la fuente de agua.
- Informar a la autoridad ambiental de aplicación responsable de los resultados de laboratorio que se obtienen de manera trimestral de acuerdo al cronograma establecido.
- Ejecutar el programa de mantenimiento de las unidades que conforman el equipo de depuración de las aguas residuales industriales de manera preventiva para minimizar las paralizaciones por fallas.

BIBLIOGRAFÍA

- ARBOLEDA, J. "Teoría y práctica de la purificación del agua". 3ª edición. Editorial Nomos S.A., Colombia, 2000. 361 pp.
- BORGES, C. "Determinación de parámetros de diseño de un tratamiento físico químico de aguas residuales". Yucatán, 1996. 456 pp.

- CONESA, V. "Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental". 4ta edición. Editorial Mundi Prensa. Madrid, Barcelona, 2010. 864 pp.
- CORREAL, R. "Tratamientos y postratamientos de aguas residuales". Editorial Uniboyacá. Tunja - Boyacá, 2010. 320 pp.
- MARTÍNEZ, E. "Texto unificado de legislación ambiental secundaria". Editorial Corporación de estudios y publicaciones. Guayaquil, 2002. 240 pp.
- METCALF&EDDY. "Ingeniería sanitaria, evacuación y reutilización de aguas residuales". Editorial Mc Graw Hill. New York, 1996. 449 pp.
- PAZMIÑO, I. "Investigación científica, metodología y diseño de proyectos". Editorial Diseñartu. Guayaquil, 2002. 123 pp.
- RAMALHO, R. "Tratamiento de aguas residuales". Edición revisada versión español. Editorial Reverté, SA. Barcelona, 2003. 697 pp.
- ROMERO, J. "Purificación de aguas residuales". Editorial Escuela colombiana de ingeniería. Colombia, 2000. 394 pp.
- SEOÀNEZ, M. "Ingeniería ambiental aplicada". Editorial Mundi Prensa. Madrid, 1997. 528 pp.

ANEXOS

A1.- Análisis de Agua Residual cruda Industrial de una empresa textil



PSI
PRODUCTOS Y SERVICIOS
INDUSTRIALES S.A.S.

INFORME DE ENSAYO
No. 25746-1



INDUSTRIAL Y COMERCIAL 3B S.A.
VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS
Guayaquil, Tel. 2136170
Atención: Danilo Bermeo
Tipo de Industria

Guayaquil, 9 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo:

Fecha y Hora de Recepción:

Punto e Identificación de la Muestra:

Norma Técnica de muestreo:

Matriz de la muestra:

Muestreado por:

Muestreador:

Tipo de Muestreo:

24/05/2013 10:30 Guayaquil

24/05/2013 13:30

Agua cruda

INEN 2169:98 – 2176:98

Agua Residual Industrial

Productos y Servicios Industriales PSI

HM

Simple

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 12 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS:					
Color real 1:20 (1)	Inapreciable	-----	UCIPt	inapreciable	30/05/2013
Sólidos suspendidos totales (3)	450	2	mg/l	<100	30/05/2013
Sólidos disueltos totales	8974	124.52	mg/l	-----	30/05/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de hidrógeno	22.2	0.08	----	5-9	30/05/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
METALES:					
Cromo Hexavalente (3)	<2	-----	mg/l	0.5	30/05/2013
Zinc	1	0.016	mg/l	-----	30/05/2013
Plomo (1)	<0.8	----	mg/l	0.2	30/05/2013
Bario (1)	7	0.0128	mg/l	<2.000	30/05/2013
Cadmio (1)	<0.4	-----	mg/l	0.02	30/05/2013
Cromo total (1)	0.31	0.0009	mg/l	-----	30/05/2013
Aluminio	66	0.059	mg/l	<5.00	30/05/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS ORGÁNICOS:					
Aceites y grasas (3)	4	-----	mg/l	0.3	30/05/2013
Demanda bioquímica de oxígeno	500	1.82	mgO ₂ /l	<100	30/05/2013
Demanda química de oxígeno	700	8.02	mgO ₂ /l	<250	30/05/2013
Fenoles (3)	<3	-----	mg/l	0.2	30/05/2013

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psilecuador.com
Guayaquil – Ecuador

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
FISICOQUÍMICOS:					
Carga contaminante (1)	7.1000	-----	Kg DQO/día	----	30/05/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura (1)	35	-----	oC	-----	30/05/2013
Caudal, proporcionado por cliente (1)	100.00	-----	m ³ /día	-----	30/05/2013

-----	No aplica	N.E.	No Efectuado
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible
U	Incertidumbre	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition	

- 1.- Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2.- parámetros subcontratados no acreditados
- 3.- Resultados fuera del alcance de acreditación
- 4.- Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver el alcance en www.oae.gob.ec



Ing. Q. Héctor Murzi
Director Técnico

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de PSI
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

A2.- Análisis de agua Tratada residual Industrial



INFORME DE ENSAYO
No. 26245-1



EMPRESA TEXTIL

VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS

Guayaquil, Tel. 2136170

Atención: Danilo Bermeo

Tipo de Industria

Guayaquil, 9 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 17/06/2013 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 17/06/2013 13:30
Punto e Identificación de la Muestra: Agua Tratada
Norma Técnica de muestreo: INEN 2169:98 – 2176:98
Matriz de la muestra: Agua Residual Industrial
Muestreado por: Productos y Servicios Industriales PSI
Muestreador: HM
Tipo de Muestreo: Simple

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 12 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS:	Inapreciable	----	UCIPt	Inapreciable	26/06/2013
Color real 1:20 (1)					
Sólidos suspendidos totales (3)	350	2	mg/l	<100	26/06/2013
Sólidos disueltos totales	3380	124.25	mg/l	-----	26/06/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de hidrógeno	20	0.08	----	5-9	26/06/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
METALES:					
Cromo Hexavalente (3)	3	-----	mg/l	0.5	26/06/2013
Zinc	1	0.016	mg/l	-----	26/06/2013
Plomo (1)	0.4	-----	mg/l	0.2	26/06/2013
Bario (1)	2	0.0128	mg/l	<2.0000	26/06/2013
Cadmio (1)	<1	-----	mg/l	0.02	26/06/2013
Cromo total (1)	20	0.0009	mg/l	----	26/06/2013
Aluminio	3	0.059	mg/l	<5.000	26/06/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS ORGÁNICOS:					
Aceites y grasas (3)	1.5	-----	mg/l	0.3	26/06/2013
Demanda bioquímica de oxígeno	187	1.82	mgO ₂ /l	<100	26/06/2013
Demanda química de oxígeno	462	8.02	mgO ₂ /l	<250	26/06/2013
Fenoles (3)	<1	-----	mg/l	0.2	26/06/2013

Cda. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
FISICOQUÍMICOS:					
Carga contaminante (1)	5.100	----	Kg DQO/ día	----	26/06/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura (1)	30	----	oC	----	26/06/2013
Caudal, proporcionado por cliente (1)	100.00	-----	m ³ /día	-----	26/06/2013

-----	No aplica	N.E.	No Efectuado
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible
U	Incertidumbre	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition	

- 1.- Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2.- parámetros subcontratados no acreditados
- 3.- Resultados fuera del alcance de acreditación
- 4.- Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver el alcance en www.oae.gob.ec


Ing. Q. Héctor Murzi
Director Técnico

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de PSI
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

A3.- Prueba de Tratabilidad M2



INFORME DE ENSAYO No. 26732-1



EMPRESA TEXTIL

VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS

Guayaquil, Tel. 2136170

Atención: Danilo Bermeo

Tipo de Industria

Guayaquil, 9 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 15/07/2013 10:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 15/07/2013 13:30
 Punto e Identificación de la Muestra: Prueba de Tratabilidad M-2
 Norma Técnica de muestreo: INEN 2169:98 – 2176:98
 Matriz de la muestra: Agua Residual Industrial
 Muestreado por: Productos y Servicios Industriales PSI
 Muestreador: HM
 Tipo de Muestreo: Simple

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 12 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS:					
Color real 1:20 (1)	Inapreciable	----	UCIPt	Inapreciable	03/08/2013
Sólidos suspendidos totales (3)	300	2	mg/l	<100	03/08/2013
Sólidos disueltos totales	3080	124.52	mg/l	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de hidrógeno	18	0.08	----	5-9	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
METALES:					
Cromo Hexavalente (3)	2	----	mg/l	0.5	03/08/2013
Zinc	0.7	0.016	mg/l	0.5	03/08/2013
Plomo (1)	0.3	----	mg/l	0.2	03/08/2013
Bario (1)	1	0.0128	mg/l	<2.0000	03/08/2013
Cadmio (1)	0.6	----	mg/l	0.02	03/08/2013
Cromo total (1)	18	0.0009	mg/l	----	03/08/2013
Aluminio	2	0.059	mg/l	<5.000	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS ORGÁNICOS:					
Aceites y grasas (3)	1	----	mg/l	0.3	03/08/2013
Demanda bioquímica de Oxígeno	180	1.82	mgO ₂ /l	<100	03/08/2013
Demanda Química de Oxígeno	400	8.02	mgO ₂ /l	<250	03/08/2013
Fenoles (3)	0.58	----	mg/l	0.2	03/08/2013

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
 Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
 Guayaquil – Ecuador

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
FISICOQUÍMICOS:					
Carga contaminante (1)	5.000	-----	Kg DQO/ día	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura (1)	28	-----	oC	-----	03/08/2013
Caudal, proporcionado por cliente (1)	100.00	-----	m ³ /día	-----	03/08/2013

-----	No aplica	N.E.	No Efectuado
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible
U	Incertidumbre	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition	

- 1.- Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2.- parámetros subcontratados no acreditados
- 3.- Resultados fuera del alcance de acreditación
- 4.- Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista: ver el alcance en www.oae.gob.ec


Ing. Q. Héctor Murzi
Director Técnico

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de PSI
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psicuador.com
Guayaquil – Ecuador

A4.- Prueba de Tratabilidad M3



INFORME DE ENSAYO No. 26733-1



EMPRESA TEXTIL

VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS

Guayaquil, Tel. 2136170

Atención: Danilo Bermeo

Tipo de Industria

Guayaquil, 9 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 15/07/2013 10:30 Guayaquil
 Fecha y Hora de Recepción: 15/07/2013 13:30
 Punto e Identificación de la Muestra: Prueba de Tratabilidad M-3
 Norma Técnica de muestreo: INEN 2169:98 – 2176:98
 Matriz de la muestra: Agua Residual Industrial
 Muestreado por: Productos y Servicios Industriales PSI
 Muestreador: HM
 Tipo de Muestreo: Simple

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 12 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS:	Inapreciable	-----	UCIPt	Inapreciable	03/08/2013
Color real 1:20 (1)					
Sólidos suspendidos totales (3)	12	2	mg/l	<100	03/08/2013
Sólidos disueltos totales	2730	124.52	mg/l	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de hidrógeno	6.00	0.08	-----	5-9	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
METALES:					
Cromo Hexavalente (3)	<0.001	-----	mg/l	0.5	03/08/2013
Zinc	0.5	0.016	mg/l	0.5	03/08/2013
Plomo (1)	<0.0003	-----	mg/l	0.2	03/08/2013
Bario (1)	0.0438	0.0128	mg/l	<2.0000	03/08/2013
Cadmio (1)	<0.0003	-----	mg/l	0.02	03/08/2013
Cromo total (1)	0.0011	0.0009	mg/l	-----	03/08/2013
Aluminio	0.460	0.059	mg/l	<5.000	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS ORGÁNICOS:					
Aceites y grasas (3)	<0.1	-----	mg/l	0.3	03/08/2013
Demanda bioquímica de Oxígeno	19	1.82	mgO ₂ /l	<100	03/08/2013
Demanda Química de Oxígeno	71	8.02	mgO ₂ /l	<250	03/08/2013
Fenoles (3)	<0.013	-----	mg/l	0.2	03/08/2013

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
 Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
 Guayaquil – Ecuador

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
FISICOQUÍMICOS:					
Carga contaminante (1)	5.1000	-----	Kg DQO/ día	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura (1)	29.4	----	oC	-----	03/08/2013
Caudal, proporcionado por cliente (1)	100.00	-----	m ³ /día	-----	03/08/2013

-----	No aplica	N.E.	No Efectuado
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible
U	Incertidumbre	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition	

- 1.- Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2.- parámetros subcontratados no acreditados
- 3.- Resultados fuera del alcance de acreditación
- 4.- Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver el alcance en www.oae.gob.ec


Ing. Q. Héctor Murzi
Director Técnico

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de PSI
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

Cda. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

A5.- Análisis de efluente de la planta de tratamiento de Aguas Residuales Industriales de una empresa Textil



INFORME DE ENSAYO
No. 27213-1



EMPRESA TEXTIL

VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS

Guayaquil, Tel. 2136170

Atención: Danilo Bermeo

Tipo de Industria

Guayaquil, 9 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo: 24/07/2013 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción: 24/07/2013 13:30
Punto e Identificación de la Muestra: Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo: INEN 2169:98 – 2176:98
Matriz de la muestra: Agua Residual Industrial
Muestreado por: Productos y Servicios Industriales PSI
Muestreador: HM
Tipo de Muestreo: Simple

LMP de acuerdo a la Norma: TULSMA TOMO V TABLA 12 LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS/COMPONENTES FÍSICOS:	Inapreciable	----	UCIPt	Inapreciable	03/08/2013
Color real 1:20 (1)					
Sólidos suspendidos totales (3)	13	2	mg/l	<100	03/08/2013
Sólidos disueltos totales	2830	124.52	mg/l	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
INORGANICOS NO METALES:					
Potencial de hidrógeno	6.50	0.08	----	5-9	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
METALES:					
Cromo Hexavalente (3)	<0.01	----	mg/l	0.5	03/08/2013
Zinc	0.792	0.016	mg/l	0.5	03/08/2013
Plomo (1)	<0.0008	----	mg/l	0.2	03/08/2013
Bario (1)	0.0638	0.0128	mg/l	<2.0000	03/08/2013
Cadmio (1)	<0.0004	----	mg/l	0.02	03/08/2013
Cromo total (1)	0.0031	0.0009	mg/l	-----	03/08/2013
Aluminio	0.660	0.059	mg/l	<5.000	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
AGREGADOS ORGÁNICOS:					
Aceites y grasas (3)	<0.2	----	mg/l	0.3	03/08/2013
Demanda bioquímica de Oxígeno	26	1.82	mgO ₂ /l	<100	03/08/2013
Demanda Química de Oxígeno	71	8.02	mgO ₂ /l	<250	03/08/2013
Fenoles (3)	<0.023	----	mg/l	0.2	03/08/2013

Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
FISICOQUÍMICOS:					
Carga contaminante (1)	7.1000	-----	Kg DQO/ día	-----	03/08/2013

Parámetro	Resultado	U K=2	Unidades	LMP	Analizado
DATOS DE MUESTREO:					
Temperatura (1)	32.4	----	°C	-----	03/08/2013
Caudal, proporcionado por cliente (1)	100.00	-----	m ³ /día	-----	03/08/2013

-----	No aplica	N.E.	No Efectuado
< LD	Menor al Límite Detectable	L.M.P.	Límite Máximo Permisible
U	Incertidumbre	Método Analítico: Standard Methods 2012, 22 th edition	

- 1.- Parámetros no incluidos en el alcance de acreditación ISO 17025 por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano
- 2.- parámetros subcontratados no acreditados
- 3.- Resultados fuera del alcance de acreditación
- 4.- Parámetros subcontratados acreditados por el laboratorio subcontratista; ver el alcance en www.oae.gob.ec



Ing. Q. Héctor Murzi
Director Técnico

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas.
Este informe de ensayo no deberá reproducirse más que en su totalidad, con autorización escrita de PSI
Las muestras serán retenidas por 7 días a partir de la fecha de entrega de resultados.

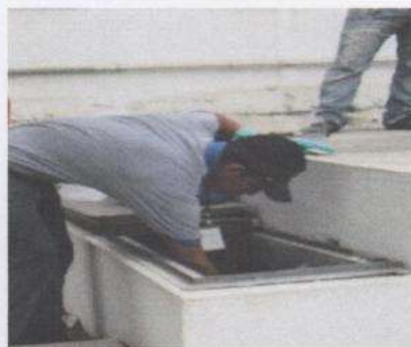
Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador

INDUSTRIAL Y COMERCIAL 3B S.A.
VIA A DAULE KM 10.5 TECAS 2 Y PECHICHES – CIRUELOS
Guayaquil, Tel. 2136170
Atención: Danilo Bermeo
Tipo de Industria

Guayaquil, 2 de agosto del 2013

Fecha, Hora y lugar de Muestreo:	24/07/2013 10:30 Guayaquil
Fecha y Hora de Recepción:	24/07/2013 13:30
Punto e Identificación de la Muestra:	Efluente de la planta de tratamiento de AARR
Norma Técnica de muestreo:	INEN 2169:98 – 2176:98
Matriz de la muestra:	Agua Residual Industrial
Muestreado por:	Productos y Servicios Industriales PSI
Muestreador:	HM
Tipo de Muestreo:	Simple

MEMORIA FOTOGRÁFICA



Cdla. Guayaquil Calle Emma E. Ortiz y Gerónimo Avilés, Mz. 15 Sl. 1 Ofc. 1-1
Teléfonos: 2394800 – 2394803 – 6004964
www.psiecuador.com
Guayaquil – Ecuador