



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental”

TRABAJO DE GRADUACION

**ESTUDIO DE REINGENIERÍA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO – GUANO –
CHIMBORAZO.**

Autor: XIMENA CUMANDÁ ANDRADE MANZANO

Director: DRA. DOLORES GUALLI

Riobamba – Ecuador

2012

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título: **ESTUDIO DE REINGENIERÍA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO – GUANO – CHIMBORAZO**, presentado por la Srta. Ximena Cumandá Andrade Manzano y dirigida por la Dra. Dolores Gualli.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Mario Cabrera

Firma

Dra. Dolores Gualli

Firma

-
Dra. Anita Mejía

Firma

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La responsabilidad del contenido de este Proyecto de Graduación “**ESTUDIO DE REINGENIERÍA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO – GUANO – CHIMBORAZO**” corresponde exclusivamente a Srta. Ximena Cumandá Andrade Manzano y a la Dra. Dolores Gualli directora de la investigación y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo y a la Hilandería Guijarro.

AGRADECIMIENTO

Agradezco la colaboración del Centro Ecuatoriano de Servicios Agrícolas (CESA), por el financiamiento brindado para la ejecución de este trabajo de investigación.

A la Hilandería Guijarro por la apertura y colaboración prestada en la obtención de información a cerca de la empresa.

Un agradecimiento especial al tribunal designado por haber sido las personas que han guiado este trabajo.

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi familia por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su infinita demostración de amor.

INDICE GENERAL

	Pag.
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE GRAFICOS E ILUSTRACIONES.....	ii
RESUMEN.....	iii
SUMARY.....	iv
INTRODUCCIÓN.....	1
I. FUNDAMENTACIÓN TEORICA	
1.1 PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE UNA EMPRESA TEXTILERA.	3
1.1.1 CLASIFICACIÓN Y LAVADO	3
1.1.2 CARDADO, ESTIRADO, PEINADO, HILADO Y ENCONADO	4
1.1.3 BATANADO	5
1.1.4 BLANQUEO	5
1.1.4 TEÑIDO	5
1.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	6
1.2.1 ELEMENTOS INSOLUBLES SEPARABLES FÍSICAMENTE	6
1.2.2 ELEMENTOS SEPARABLES POR PRECIPITACIÓN	7
1.2.3 ÁCIDOS Y BASES.	7
1.3 IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y SANITARIA	8
1.4 COMPUESTOS INORGÁNICOS Y MINERALES.	11
1.5 ACCIÓN SOBRE EL ENTORNO	11
1.6 EFECTOS DE LOS EFLUENTES TEXTILES EN AGUAS SUPERFICIALES	12
1.7 SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES	13
1.7.1 TRATAMIENTOS MECÁNICOS	15
1.7.2 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS	18
1.7.3 TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS	19

1.7.4 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	31
1.7.4.1 CLASES DE PROCESOS BIOLÓGICOS	31
1.8 MEDIDA DE LA BIODEGRADABILIDAD	32
1.9 IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS VERIMIENTOS INDUSTRIALES	33
1.10 REINGENIERIA	34
1.11 TIPOS DE CAMBIOS QUE OCURREN AL REDISEÑAR LOS PROCESOS	36
1.12 SISTEMA DAF	37
II. METODOLOGÍA	
2.1 TIPO DE ESTUDIO	42
2.2 POBLACIÓN MUESTRA	42
2.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	43
2.4 PROCEDIMIENTOS	44
III. RESULTADOS	
3.1. GENERACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA HILANDERÍA GUIJARRO.	50
3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PLANTA ACTUAL	53
3.3 INSPECCIÓN DE LAS BOMBAS	58
3.4 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	58
3.5 ANÁLISIS DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO	68
3.6 ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE TRABAJO PARA LA OPERACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA.	71
IV. DISCUSIÓN	
4.1 DISCUSIÓN	72

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES	77
5.2 RECOMENDACIONES	79

VI. PROPUESTA

6.1 TITULO DE LA PROPUESTA	80
6.2 INTRODUCCIÓN	80
6.3 OBJETIVOS	81
6.4 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO –TÉCNICA	81
6.5 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	85
6.6 MONITOREO Y EVALUACIÓN DE LA PROPUESTA	85

VII. BIBLIOGRAFIA	87
--------------------------	----

VII. ANEXOS

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro N° 3.1. Tanque homogenizador parámetros de diseño.....	53
Cuadro N° 3.2. Tanque homogenizador parámetros reales.....	54
Cuadro N° 3.3. Características sedimentador primario.....	55
Cuadro N° 3.4. Características lechos de secado.....	56
Cuadro N° 3.5. Costo de tratamiento.....	58
Cuadro N° 3.6 Caudal/ hora de ingreso a la planta.....	59
CuadroN° 3.7: Resultados de análisis de las aguas residuales.....	61
Cuadro N° 3.8: Resultados del análisis estadístico de aguas residuales.....	61
Cuadro N° 3.9: Características agua tratada en la primera semana.....	62
Cuadro N° 3.10: Variación de dosificaciones.....	62
Cuadro N° 3.11: Caracterización de aguas	63
Cuadro N° 3.12: Comparación de resultados variando dosificaciones de Cl.....	63
Cuadro N° 3.13: Variación de dosificaciones de cloro.....	66
Cuadro N° 3.14: Análisis muestra de agua sedimentación	67
Cuadro N° 3.15: Análisis muestra tanque de coagulación.....	67
Cuadro N° 3.16: Análisis muestra tratada con 300ml/cl.....	67
Cuadro N° 3.17: Análisis muestra tratada con 250 ml/cl.....	68
Cuadro N° 4.1: Reducción de niveles de DBO5 y DQO.....	75
Cuadro N° 6.1: Parámetro de diseño DAF.....	83

INDICE DE GRAFICOS E ILUSTRACIONES

	Pag.
FIGURA 3.1: Vista de la empresa en sus dos plantas.....	50
FIGURA 3.2: Aguas residuales industriales.....	51
FIGURA 3.3: Proceso Textil Hilandería Guijarro.....	52
FIGURA N° 3.4. Generación de aguas residuales.....	53
FIGURA N° 3.5. Diseño del clarificador.....	56
FIGURA N° 3.6. Lechos de secado.....	57
FIGURA N° 3.7. Variación de caudales por día.....	60
FIGURA N° 3.8. Color Agua cruda vs agua tratada.....	64
FIGURA N° 3.9. Sólidos suspendidos agua cruda vs. agua tratada.....	65
FIGURA N° 3.10. Detergentes agua cruda vs. agua tratada.....	65
FIGURA N° 3.11. DBO ₅ agua cruda vs. agua tratada.....	65
FIGURA N° 3.12. DQO agua cruda vs. agua tratada.....	66
FIGURA N° 3.13. Tanque homogenizador.....	68
FIGURA N° 3.14. Bombas dosificadoras.....	69
FIGURA N° 3.15. Sistema clarificador.....	70
FIGURA N° 3.16. Lechos de secado de lodos.....	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo analizar, evaluar y rediseñar la planta de tratamiento de aguas que se encuentra actualmente instalada en la Hilandería Guijarro ubicada en el Cantón Guano.

La planta de tratamiento de aguas está compuesta por un tanque homogenizador de caudales, un sistema de clarificación (coagulación, floculación y sedimentación) y un sistema de secado de lodos, esta unidad fue puesta en funcionamiento y monitoreada de forma periódica tomándose caudales, pH, temperatura, conductividad y color.

El caudal de entrada de agua residual generada en la Hilandería es de 2.061 m³/hora, la planta se evalúa con 3m³/hora, para lo cual se utiliza cloro, coagulante y floculante, los cuales fueron aplicados en diferentes cantidades con la finalidad de encontrar la dosificación adecuada que permita una mayor remoción de contaminantes encontrándose que se requiere 260 ppm de cloro, 600 ppm de coagulante y 4.2 ppm de floculante, y basados en estas cantidades se determina que se remueve el 52.26 % de color y 90.46 % de DQO.

Para mejorar la calidad de agua tratada que se propone incrementar un sistema DAF (flotación por aire disuelto) con el cuál se pretende aumentar el rendimiento de la planta de tratamiento actual y obtener una mayor remoción de los contaminantes que se encuentran presentes en las aguas residuales que genera esta empresa.

Con la finalidad de que se opere la planta de tratamiento de manera adecuada se capacitó al personal de la Hilandería Guijarro y se elaboró un manual en donde se explica detalladamente los procedimientos para poner en funcionamiento, estabilizar, operar y realizar el respectivo mantenimiento de cada unidad que conforman la planta de tratamiento.

SUMARY

This research aims to analyze, evaluate and redesign the water treatment plant that is currently installed in the Hilandería Guijarro Guano located in Canton.

The water treatment plant comprises a tank flow homogenizer, a clarification system (coagulation, flocculation and sedimentation) and a sludge drying system, this unit was put into operation and periodically monitored thereby taking input flow considering pH, temperature, conductivity and color.

The inlet flow of waste water is generated in the spinning of 2,061 m³/hr plant 3m³/hora is evaluated, for which chlorine is used, coagulant and flocculant, which were applied in different amounts in order to find permitting the proper dosage increased contaminant removal was found to be 260 ppm of chlorine required, 1300 ppm 4.2 ppm of coagulant and flocculant, and based on these quantities is determined that removes 52.26% color and 90.46%COD.

To improve the quality of treated water leaving the treatment plant is discharged into the river basin sub-Guano and arises as a proposal to increase the DAF (dissolved air flotation) with which it intends to increase the performance of the plant Current treatment and obtain a greater removal of contaminants that are present in the wastewater generated by this company.

In order to operate the treatment plant is adequately trained staff of Spinning Guijarro and developed a manual that explains in detail the procedures for operating, stabilize, operate and maintain each respective unit comprising the treatment plant.

2. INTRODUCCIÓN

La generación de aguas residuales industriales es un producto inevitable de las actividades productivas de una industria, su inadecuada disposición, intervienen sobre el deterioro del ambiente, entre uno de estos es la contaminación de los recursos hídricos, que diario se muestran más evidencias de la degradación de los recursos de agua dulce que son amenazada también por las actividades humanas, industriales y agropecuarias.

La subcuenca del río Guano es un ejemplo de esta degradación, en sus aguas recibe descargas tanto de asentamientos humanos como de microempresas (curtiembre e hilanderías) que aportan con sólidos en suspensión, metales pesados, nitratos, contaminantes orgánicos, colorante no agotados, productos químicos ácidos o bases, detergentes y efluentes a altas temperaturas.

Una de las formas de minimizar estos contaminantes, es implementar cambios a nivel de ingeniería mediante la corrección de procesos, aplicación de buenas prácticas de uso de agua y a través de tratamiento de las aguas residuales que constituye una medida de mitigación que ayuda a disminuir y controlar la contaminación de los cuerpos de agua y a la conservación de las cuencas hídricas, pero para que esta medida tenga éxito se debe contar con obras de infraestructura adecuada a la naturaleza de las aguas a tratar y con el personal capacitado para llevar a cabo las labores de operación y mantenimiento.

Los directivos de Hilandería Gujarro conscientes del grave efecto que causa los residuales líquidos y con el afán de cumplir con las normativas ambientales y gracias a los fondos asignados por el Proyecto Gestión Integrada de la Cuenca del Chambo ejecutado en consorcio entre el Centro Ecuatoriano de Servicios Agrícolas (CESA), Agrónomos y Veterinarios Sin Fronteras (AVSF) y la Agencia de Agua Sena Normandía han coordinado acciones para desarrollar todo el proceso de diagnóstico, diseño, construcción y ejecución de una planta de tratamiento de las

aguas residuales de la sección tinturado para mejorar la calidad del agua de la subcuenca del río Guano.

Hasta Diciembre del 2011 se han ejecutado los 3 primeros objetivos faltando de concluir con la ejecución y funcionamiento de la planta de tratamiento por lo que la presente investigación fija los criterios básicos que deben reunir los diferentes procesos involucrados en la supervisión técnica, puesta en marcha, operación, y mantenimiento del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales, con el fin de garantizar su seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad sin dejar a un lado la capacitación de los trabajadores para cumplir con eficiencia las actividades señaladas.

Considerando todas estas características se ha visto la necesidad de poner en marcha una aplicación de reingeniería a la planta de tratamiento de la Hilandería Guijarro con la finalidad de que las aguas emanadas al río Guano no causen impacto negativo en dicho cuerpo.

Cumpliendo así con el estudio de reingeniería de planta de tratamiento de la Hilandería Guijarro ubicada en el Cantón Guano y comprobando de esta manera que sí se puede optimizar las operaciones de dicha planta de tratamiento aplicando un proceso de reingeniería.

CAPITULO I

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El concepto de “industria textil” se entiende de un modo muy general un lugar de fabricación que trabaja con materiales hilables, como fibras, hilos, tejidos, géneros de mallas, telas no tejidas, fieltros, pieles sintéticas y artículos similares.

1.1 PROCESAMIENTO INDUSTRIAL DE UNA EMPRESA TEXTILERA.

Para el proceso de producción de un textil se involucra varias etapas y se describen a continuación.

1.1.1 CLASIFICACIÓN Y LAVADO

Las plantas manufactureras realizan sobre las lanas sucias, o grasientas, antes de someterlas a distintos procesos industriales, una clasificación que tiene dos finalidades: separación de los vellones por finura y determinación del tipo industrial. La cantidad de impurezas que contiene la fibra de lana es importante.

En algunos casos, alcanza hasta 60% del peso en vellón (fibra fina). De allí la capacidad contaminante de la industrialización de esta fibra, aunque muchas no se toma en cuenta que estas impurezas son elementos útiles dentro de un sistema de cilindraje integral (tierras fértiles y lanolina). [16]

Durante el lavado se eliminan en un medio acuoso la tierra, impurezas y materia grasa. Para ello se emplean soluciones tibias con detergente.

Este proceso se realiza en barcas (tren de lavado) operadas en serie a través de las cuales el agua fluye en sentido contrario al que recorre la fibra. [16]

1.1.2 CARDADO, ESTIRADO, PEINADO, HILADO Y ENCONADO.

El cardado consiste en la transformación de las fibras textiles a mechas de aproximadamente cuatro centímetros de diámetro las cuales se enrollan hasta una longitud de aproximadamente 5,000 metros.

Durante el estirado se regulan estas mechas, es decir se separan las mechas largas y las cortas o rotas. Las mechas generadas del estirado se dirigen hacia unas prensas de rodillos, las cuales las presionan y estiran para darle volumen al material. [16]

El siguiente paso es el peinado en el cual se presionan y limpian las nuevas mechas que tienen un diámetro más pequeño, estas se estiran nuevamente y se unen y tuercen entre sí para formar una mecha a partir de cuatro.

En el re-estirado se mezclan las mechas resultantes del peinado, en caso de ser necesario para formar una nueva fibra. Aquí también se obtienen fibras más delgadas por un nuevo estiramiento.

A continuación las mechas siguen el proceso de torsión y tensión -mecheras convirtiéndolas en pabilo los cuales se encarretan en bobinas de plástico o carretes metálicos.

Con la finalidad de dar mayor resistencia a los pabilos, en el proceso de hilado, se someten a un último estiraje y torsión a partir del cual se obtiene el hilo que es enrollado en canillas. Finalmente en el enconado se lleva a cabo una purificación del hilo mediante la eliminación de impurezas como son: hilos gruesos, cortos, sucios rotos. [16]

1.1.3 BATANADO

En algunos casos se procede realizando sobre el tejido un proceso de batanado que modifica ciertas propiedades esenciales del tejido, como cuerpo, elasticidad y

apariencia, utilizando jabones y detergentes en solución de lejía a 30° o 40 ° C, encogiendo el tejido entre rodillos y generando pocos residuos solidos. A esta altura del proceso, la lana contiene gran cantidad de productos químicos que se separan en una serie de lavados y procesos de escurrimiento. [15]

1.1.4 BLANQUEO

Los tejidos crudos, especialmente las fibras concentradas, contienen casi siempre suciedad que no son completamente removidos por los procesos de lavado. La blancura de los materiales es mejorada por una reducción de la suciedad.

La mayoría de las empresas que realizan el proceso de blanqueo utilizan el peróxido de hidrógeno (H₂O₂), que es el más importante blanqueador. [15]

1.1.4 TEÑIDO

El teñido es el proceso que puede generar más contaminación debido a que requiere el uso no solamente de colorantes y químicos, sino también de varios productos especiales conocidos como auxiliares de teñido.

Estos materiales constituyen una parte integral de los procesos de teñido (por ejemplo, agentes reductores para el teñido con colorantes de tina) incrementando las propiedades de los productos terminados y mejorando la calidad del teñido, la suavidad, la firmeza, la textura, estabilidad dimensional, resistencia a la luz, al lavado, etc.[15]

1.2 AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES

Los efluentes industriales deben su diversidad a los procesos de los que proceden, y en función de ellos, pueden tener una composición más o menos constante, o estar sujeta a variaciones cualitativas y/o cuantitativas considerables, según los horarios de funcionamiento de las industrias. [21]

La demanda del mercado o la posible influencia estacional en la producción. Los componentes de dichos vertidos se pueden clasificar, según los métodos de tratamiento, en:

1.2.1 ELEMENTOS INSOLUBLES SEPARABLES FÍSICAMENTE

Materias grasas flotantes: grasas, hidrocarburos, alquitranes, aceites. Estas sustancias provocan olor y sabor desagradables, ensucian las instalaciones de tratamiento, y pueden producir la muerte de peces por asfixia, al recubrir las branquias, y de gran variedad de algas e insectos acuáticos.

Materias sólidas en suspensión: arenas, óxidos, hidróxidos, pigmentos, azufre coloidal, látex, fibras, etc. Pueden requerir coagulación-floculación para ser eliminadas.

Elementos orgánicos separables por adsorción: colorantes, detergentes, compuestos macromoleculares diversos y compuestos fenolados. [21]

1.2.2 ELEMENTOS SEPARABLES POR PRECIPITACIÓN:

Metales: hierro, cobre, zinc, níquel, berilio, titanio, aluminio, plomo, mercurio y cromo, precipitables en un rango determinado de pH. Estos metales pueden llegar a estar implicados en ciclos bioquímicos complejos.

Sulfitos, fosfatos, sulfatos y fluoruros: pueden ser precipitados por adición de determinados cationes.

Elementos que pueden precipitar en forma de sales insolubles de hierro o en forma de complejos: sulfuros, fosfatos, cianuros y sulfocianuros. El cianuro impide las reacciones de oxidación del fósforo.

Elementos separables por desgasificación o stripping: ácido sulfhídrico, amoníaco, alcoholes, fenoles y sulfuros.

Elementos que necesitan una reacción de oxidación-reducción: cianuros, cromo hexavalente, sulfuros, cloro y nitritos. [21]

1.2.3 ÁCIDOS Y BASES.

- ✓ Ácidos clorhídrico, nítrico, sulfúrico y fluorhídrico.
- ✓ Bases diversas.
- ✓ Elementos que pueden concentrarse por intercambio iónico o por ósmosis inversa.
- ✓ Elementos que se eliminan mediante tratamiento biológico: azúcares, proteínas y fenoles. Los tratamientos biológicos pueden aplicarse también, después de una fase de adaptación de los microorganismos, a compuestos orgánicos tales como el fenol, la anilina y ciertos detergentes. [21]

1.3 IMPORTANCIA ECOLÓGICA Y SANITARIA

Las aguas residuales, debido a la gran cantidad de sustancias (algunas de ellas tóxicas) y microorganismos que portan, pueden ser causa y vehículo de contaminación, en aquellos lugares donde son evacuadas sin un tratamiento previo.

Se puede definir la polución del agua como una modificación, generalmente provocada por el hombre, de la calidad del agua, haciéndola impropia y peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca, las actividades recreativas, así como para los animales domésticos y la vida natural. [17]

Según esta definición, la polución sería una consecuencia ineludible del desarrollo y la civilización. Esto es explicable, ya que conforme aumenta el desarrollo de las poblaciones, se incrementa a su vez la diversidad de los agentes contaminantes

procedentes de actividades agrícolas, industriales y urbanas, que el hombre no se preocupa de destruir o reciclar, o no lo hace en la magnitud suficiente. De esta forma, se acaba saturando el poder autodepurador del medio natural. [21]

Algunas de estas sustancias tienen un comportamiento desconocido en los organismos vivos. En otros casos, es evidente que la contaminación ambiental por diversas sustancias, que quizás no estén en alta concentración en el medio, pero a las que el hombre está expuesto durante largos períodos de tiempo, es importante en varias enfermedades crónicas, incluido el cáncer.

A continuación se relacionan los principales inconvenientes de las aguas residuales:

a. MALOS OLORES Y SABORES

Son consecuencia de la diversidad de sustancias que portan, y sobre todo, de los productos de la descomposición de éstas, especialmente en aquellos procesos, sobre todo anaerobios, en los que se descompone materia orgánica, con desprendimiento de gases. A esto hay que añadir las causas naturales de olores y sabores: la proliferación de microorganismos, los procesos de descomposición, la presencia de vegetación acuática, mohos, hongos, etc., y la reducción de sulfatos a sulfuros, en condiciones anóxicas. [17]

b. ACCIÓN TÓXICA

Es el efecto y la repercusión que tienen algunos residuos sobre la flora y fauna natural de las masas hídricas receptoras y sobre los consumidores que utilicen esas aguas, o que se vean afectados por la acumulación de estas sustancias tóxicas en la cadena alimentaria.

A este respecto, es importante tener en cuenta que en numerosas ocasiones las aguas residuales se utilizan, sin un tratamiento previo, para el riego de cosechas de verduras y hortalizas, con el enorme riesgo que esto supone, ya que el hombre puede

consumirlas crudas, pasando a él directamente la contaminación por tóxicos o microorganismos. [17]

En otras ocasiones, no son directamente los residuos los que provocan la desaparición de los organismos del agua, sino que para la descomposición de las sustancias contaminantes son necesarias grandes cantidades de oxígeno, llegando a agotarse y creando condiciones anóxicas que impiden la vida acuática. [21]

Por estas razones, se están realizando diversos estudios sobre la toxicidad de algunos compuestos sobre organismos y microorganismos acuáticos, y sobre los niveles de resistencia y adaptación de éstos a algunas sustancias y elementos presentes en el agua.

Estos organismos se pueden utilizar como bio-indicadores de la calidad de las aguas, ya que su presencia o ausencia nos indica el nivel de contaminación, siempre teniendo en cuenta el medio de referencia, ya que la presencia de un mismo organismo en distintos medios puede indicar distintos grados de polución, según el medio del que se trate, y la simple comparación puede llevar a una subestimación del grado de contaminación. [21]

Los efectos tóxicos pueden ser:

- a. Letales: causan muerte por envenenamiento directo.
- b. Subletales: por debajo de los niveles que causan la muerte, pero que pueden afectar al crecimiento, reproducción o actividad de los organismos.
- c. Agudos: causan un efecto (normalmente la muerte) en un corto período de tiempo.
- d. Crónicos: causan un efecto letal o subletal durante un período de tiempo prolongado.
- e. Acumulativos: se incrementa el efecto con dosis sucesivas.

Compuestos orgánicos de efluentes domésticos e industriales: representan el problema más antiguo de contaminación del agua. En un principio, se priorizaban los

efectos de los residuos domésticos sobre los industriales, debido al potencial de efectos agudos sobre la salud que poseían los residuos humanos, comparados con la creencia de que los residuos industriales producían sólo efectos indirectos. Pero conforme fueron apareciendo nuevos compuestos químicos procedentes de las industrias, se empezó a prestar una mayor atención a los efectos de los residuos industriales sobre la salud y su impacto en el medio ambiente. [21]

Hay una gran diversidad de compuestos orgánicos presentes en el ambiente acuático causando la polución de éste, y existen numerosas técnicas para detectarlos.

Podemos citar los hidrocarburos, y dentro de éstos, los hidrocarburos aromáticos policíclicos, algunos de los cuales son cancerígenos. También son muy importantes los fenoles que provocan problemas de olor y sabor acentuados cuando éstos reaccionan con el cloro en los procesos de cloración del agua.

Otras sustancias a tener en cuenta son los compuestos organometálicos, ya que su presencia en el medio ambiente, incluso a pequeñas concentraciones, puede afectar a la cadena alimentaria, alcanzando concentraciones mucho mayores en los organismos. Los de mayor interés son los derivados del plomo, cadmio, estaño y mercurio.

Hay que hacer también mención especial de las industrias estacionales (azucareras, almazaras, etc.) que provocan contaminaciones agudas en determinadas épocas del año. En los últimos años, se está tomando un interés creciente por los agentes tensoactivos, cuyas espumas engloban multitud de microorganismos, inhiben la oxidación química y biológica y dificultan los procesos de tratamiento. [21]

1.4 COMPUESTOS INORGÁNICOS Y MINERALES.

Proceden de industrias mineras y de productos químicos inorgánicos. Entre ellos podemos citar amonio, cianuros, fluoruros, sulfuros, sulfitos y nitritos. También están los metales pesados, que se acumulan en la cadena alimentaria, a través de la

captación por el fitoplancton, peces y organismos filtradores, y pueden afectar al hombre.

De todos los residuos industriales, el drenaje ácido de las minas alcanza el récord, en cuanto a perjuicios para las fuentes de agua, puesto que aumenta los costos de tratamiento y distribución y origina corrosiones. [21]

1.5 ACCIÓN SOBRE EL ENTORNO

Además de los problemas ecológicos y sanitarios antes citados, el vertido de aguas residuales en los ríos, lagos y mares produce otro tipo de contaminación llamada psicosocial, ya que afecta al entorno natural del hombre, modificando la estética de su paisaje y haciéndolo cada vez más inhóspito.

En aquellos lugares en que se vierten sustancias coloreadas al agua, procedentes de algunas industrias, se puede cambiar el color de ésta, y afectar a la penetración de la luz.

En las zonas turísticas, este aspecto adquiere mayor relevancia, puesto que, su medio de vida es la afluencia y visita de personas, y han de atender, prioritariamente, los criterios estéticos y sanitarios. [25]

1.6 EFECTOS DE LOS EFLUENTES TEXTILES EN AGUAS SUPERFICIALES

Generalmente los efluentes textiles correctamente tratados pueden descargarse sin inconvenientes a ríos y otras fuentes de agua superficiales.

Cuando los efluentes se descargan sin el debido tratamiento, se pueden observar diferencias en la coloración original del cuerpo de agua y la formación de espumas en su superficie; esto se origina por los tintes y tensoactivos, respectivamente.

La espuma reduce la proporción de oxígeno transmitido a través de la superficie del río y limita la capacidad de autodepuración de la corriente, tal es el caso de la espuma estable que se forma al juntarse tensoactivos no iónicos con aniónico en una relación de 1 a 0.4 mg/L. [12]

La descarga de compuestos fácilmente biodegradables (lavadero de lana) en grandes cantidades ocasiona la disminución del oxígeno disuelto en el agua y extingue la vida acuática directamente o hace a los peces más susceptibles a los efectos tóxicos de otras sustancias. Algunos compuestos afectan indirectamente a los peces y en mayor grado a los invertebrados acuáticos que componen su cadena alimenticia.

Los tóxicos y metales pesados en pequeñas concentraciones pueden acumularse en los tejidos de estos animales o incrementar el nivel tóxico del agua en los ríos; sus efectos se muestran a largo plazo, pero son igualmente peligrosos y, en la mayoría de los casos, son más difíciles y costosos de tratar.

También es posible que las descargas aumenten la población de peces y algas debido a su contenido de nitrógeno y fósforo (proceso de eutrofización). Estos parámetros deben ser controlados de manera que no se agote el oxígeno disuelto en el agua, pues provocaría su extinción a largo plazo. [8]

Finalmente los colorantes comerciales básicos, como el trifenilmetano, fenacina y tiacina causan menor deterioro ambiental por su mayor foto degradación o pérdida del color en solución que los tintes básicos modernos o "modificados" como los Azo-antraquinonoides y otros, que contrariamente pierden más fácilmente el color sobre la fibra que en solución.

Otro efecto a considerar es la pérdida de espacios recreativos, debido a la contaminación del agua superficial con el consiguiente perjuicio económico, en particular en zonas turísticas. [16]

1.7 SISTEMA DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES

Se entiende como tratamiento de residuos industriales líquidos al conjunto de operaciones que se deben aplicar al efluente para remover o transformar aspectos físicos, químicos o biológicos característicos de él. Este proceso se hace destinar el agua tratada a reutilización o vertido bajo ciertos requisitos o normas internas o externas. El tratamiento puede ser simple o muy complejo, dependiendo de los contaminantes que se presenten y del nivel de purificación deseado. [4]

Un sistema de tratamiento convencional de aguas residuales incluye

- Remoción de material flotante
- Remoción de sólidos suspendidos
- Tratamiento de materia orgánica biodegradable
- Eliminación de poblaciones patógenas de microorganismos.

Los métodos empleados para el tratamiento de aguas residuales industriales se clasifican en cuatro etapas:

a) TRATAMIENTO PRELIMINAR.-es el tratamiento básico que se da a los vertidos con el fin de remover sólidos gruesos, objetos que pueda impedir el funcionamiento de bombas y equipos o causar taponamiento en las redes de drenaje interno.

b) TRATAMIENTO PRIMARIO.-es el conjunto de operaciones encaminadas hacia la remoción de sólidos. Este tratamiento puede ser del tipo físico y/o químico, que tiene como objetivo remover gran parte de los sólidos suspendidos, sólidos coloidales y materia flotante, llegando a remover entre un 60 y 90% de sólidos en suspensión y entre un 20 y 50% de la carga orgánica total, expresada como DBO.[4]

c) TRATAMIENTO SECUNDARIO.-se utiliza principalmente para la reducción de la carga orgánica y/o de sólidos en suspensión del vertimiento, por métodos bioquímicos.

d) TRATAMIENTO TERCIARIO.-es aquel requerido por un vertimiento después del tratamiento secundario, cuando así lo exige la calidad de la corriente receptora del vertimiento. [4]

La depuración de las aguas residuales, requiere una serie de operaciones que incluyen procedimientos mecánicos, químicos, biológicos y desde hace algunos años con asiduidad los fisicoquímicos.

Pasemos ahora a describir algunos de los procedimientos de más uso, antes del que preconizamos. [27]

1.7.1 TRATAMIENTOS MECÁNICOS

a) DECANTACIÓN:En este tratamiento se facilita la precipitación de materias en suspensión cuyo diámetro sea inferior a 0,2 mm.

La decantación es un proceso físico de separación de mezcla especial para separar mezclas heterogéneas, estas pueden ser exclusivamente líquido - líquido ó sólido - líquido.

La decantación se basa en la diferencia de densidades entre los dos componentes, que hace que dejados en reposo, ambos se separen hasta situarse el más denso en la parte inferior del envase que los contiene. De esta forma, podemos vaciar el contenido por arriba (si queremos tomar el componente menos denso) o por abajo (si queremos tomar el más denso). [27]

Principales tipos de decantación:

1) DECANTACIÓN ESTÁTICA: Puede procederse por intermitencia, llenando un depósito en el que el agua permanezca en reposo durante varias horas, y vaciando a continuación la capa superior de agua hasta un nivel por encima del de los fangos depositados. Puede ser interesante este procedimiento para instalaciones provisionales, pero en una explotación industrial, siempre es preferible utilizar un decantador en circulación continua, con el fin de evitar frecuentes intervenciones manuales.

El decantador está constituido por un depósito rectangular o circular. Para que se depositen los fangos, es preciso que la velocidad ascensional del agua sea inferior a la velocidad de caída de las partículas, lo que, naturalmente, depende de la densidad y tamaño de las mismas. [27]

Los decantadores estáticos deben funcionar preferentemente de forma regular, puesto que si las variaciones de caudal provocan la formación de remolinos que hacen que los fangos suban a la superficie. Igualmente, cualquier variación de temperatura, por pequeña que sea, entre el agua bruta y el agua del decantador, da lugar a movimientos de convección que producen el mismo efecto.

2) DECANTACIÓN POR CONTACTO DE FANGOS: Los progresos de la técnica, han mejorado la floculación aumentando la concentración del flóculo, o recirculando los fangos, con lo cual se acelera la decantación.

En el caso de tratamiento biológico, los decantadores finales, en los que se separa el flóculo biológico del agua depurada, se denominan clarificadores. Estos decantadores deben admitir grandes porcentajes de recirculación, de forma que los fangos permanezcan el menor tiempo posible en el aparato, antes de volver a los depósitos de aireación. [27]

Con los sistemas de decantación por contacto de fangos mejoran los fenómenos de floculación y se obtiene un rendimiento óptimo de la cantidad de reactivo introducida, debido a la concentración que se produce en el lecho del fango. Se

consigue así una mejor adsorción de las materias disueltas sobre el floculo formado. Dentro de esta decantación hay dos tipos:

3) RECIRCULACIÓN DE FANGOS: Los fangos se separan del agua clara en una zona de decantación. Seguidamente, se recirculan haciéndoles pasar a una zona de mezcla, provista de un sistema de agitación mecánica (Accelerator, Turbocirculator) o hidráulica (Circulator). El agua bruta, a la que se han añadido los reactivos, se introduce igualmente en esta zona de mezcla. [6]

b) FILTRACIÓN: Como en el caso de la decantación, se puede efectuar la filtración de aguas crudas previamente tratadas, así como de aguas posteriormente tratadas por métodos biológicos o químicos. Sin embargo el elevado contenido de materias coloidales y mucílagos, dificulta su filtración. [27]

La filtración es una técnica, proceso tecnológico u operación unitaria de separación, por la cual se hace pasar una mezcla de sólidos y fluidos, gas o líquido, a través de un medio poroso o medio filtrante que puede formar parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene de la mayor parte de él o de los componentes sólidos de la mezcla.

Las aplicaciones de los procesos de filtración son muy extensas, encontrándose en muchos ámbitos de la actividad humana, tanto en la vida doméstica como de la industria general, donde son particularmente importantes aquellos procesos industriales que requieren de las técnicas de ingeniería química.

La filtración se ha desarrollado tradicionalmente desde un estadio de arte práctico, recibiendo una mayor atención teórica desde el siglo XX. La clasificación de los procesos de filtración y los equipos es diverso y en general, las categorías de clasificación no se excluyen unas de otras. [27]

La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones

particulares de cada aplicación: desde sencillos dispositivos, como los filtros domésticos de café o los embudos de filtración para separaciones de laboratorio, hasta grandes sistemas complejos de elevada automatización como los empleados en las industrias petroquímicas y de refino para la recuperación de catalizadores de alto valor, o los sistemas de tratamiento de agua potable destinada al suministro urbano.

1.7.2 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS

Este tratamiento consiste en el consumo de materia orgánica contenida en las aguas de desecho y de una parte de las materias nutriente (nitrógeno y fósforo), por parte de los microorganismos, ya presentes en dichas aguas. [27]

a) LODOS ACTIVADOS.

Las aguas de desecho decantadas, son sometidas a un proceso de oxidación mediante la aportación de aire atmosférico o bien enriquecido con oxígeno. A mayor aireación mayor coste y mayor mineralización de los lodos.

b) LECHOS BACTERIANOS.

Este proceso consiste en hacer circular la masa de agua de la forma más laminar posible, de modo que se desarrolla una película bacteriana denominada zooglea, que transforma las materias orgánicas del agua en presencia de oxígeno en biomasa. La película crece a medida que se consume materia orgánica y se exfolia bajo la influencia del agua que cae sobre la misma.

c) LAGUNA DE LODOS.

Cuando la tipografía y el coste de los terrenos lo permita, se envía el agua a estanques poco profundos, en los que se consume la materia orgánica por algas gracias al proceso de fotosíntesis. [27]

d) TRATAMIENTO ANAERÓBICO DEL AGUA.

Se utiliza frecuentemente una variante de la fosa Imhoff, o fosa de doble etapa. En ella se produce una fermentación metánica y un elevado consumo de materia orgánica por microorganismos presentes en el agua y en ausencia de aire.

e) FOSAS SÉPTICAS.

La fosa séptica permite la disgregación de todas las materias sólidas biodegradables y la fermentación anaeróbica de las aguas de desecho. Presentan problemas por la elevada producción de amoníaco y los malos olores que son frecuentes. [27]

1.7.3 TRATAMIENTOS FÍSICO-QUÍMICOS

Cuando existe gran variación de caudales que ingresan a la planta de tratamiento es necesario iniciar el proceso homogenizando los caudales.

La homogeneización es el proceso por medio del cual se eliminan variaciones muy grandes en la cantidad o la calidad de un efluente industrial. Cuando no existen estos cambios se puede reducir el tamaño, y por tanto el costo de los sistemas puesto que disminuyen los factores de incertidumbre. La homogenización sirve también para diluir descargas puntuales de sustancias tóxicas que de otra manera afectarían la eficiencia de los tratamientos biológicos.[6]

En la planta de tratamiento luego de la homogenización de caudales se emplea la coagulación - floculación y sedimentación que son los tres procesos dentro de la etapa de clarificación del agua. Estos procesos se pueden resumir como una etapa en la cual las partículas se aglutinan en pequeñas masas llamadas flocs, tal que su peso específico supere a la del agua y puedan precipitar. [6]

a. COAGULACIÓN.

La coagulación usualmente implica la adición de una sal metálica. Las sales metálicas que son usualmente utilizadas son, sulfato de aluminio, cloruro ferroso, cloruro férrico, sulfato ferroso, sulfato férrico, cal, policloruro de aluminio (PAC), etc. La propiedad de una sal metálica para coagular se debe a su tamaño y carga. Las características de multivalencia de las sales metálicas hacen que estas se atraigan fuertemente a las cargas de los coloides. Esta atracción, más la insolubilidad de la sal metálica asegura una eficiente remoción. [2]

El proceso de desestabilización puede ser dividido en tres procesos: el barrido, neutralización de cargas, y la unión ínter partícula. En el barrido, la sal metálica es dosificada al agua residual. Esta dosificación causa la precipitación del hidróxido metálico. Este proceso envuelve la conversión de una sustancia soluble a sólido. En muchos casos, la adición de sales metálicas causa la precipitación de metales a hidróxidos, tales como $\text{Al}(\text{OH})_3$ y $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Este metal precipita rápidamente, arrastrando con ellos las pequeñas partículas coloidales. El segundo proceso involucra la neutralización de carga, en donde coagulantes cargados positivamente son introducidos en el agua residual. En general, el agua residual tiene una carga neta negativa debido a la gran naturaleza orgánica y la adsorción de aniones a su superficie. [5]

Cada partícula coloidal presenta a su alrededor una doble capa eléctrica. Por lo tanto, un coloide es rodeado por iones con cargas opuestas, produciendo una carga eléctrica neta cero y electro neutralidad. Para que dos coloides interactúen, las dos capas difusas deben estar comprimidas y esta compresión es función del coagulante catiónico. [5]

El último proceso de la coagulación es el puente ínter partícula. El puente se produce cuando la carga de la superficie se acerca a cero. Los puentes son formados entre dos partículas que se repelen entre ellas. Esta interconexión de puentes y partículas

coaguladas se llama flóculo. La formación de este flóculo es importante para el proceso de floculación. [2]

Los componentes son productos químicos que al adicionar al agua son capaces de producir una reacción química con los componentes químicos del agua, especialmente con la alcalinidad del agua para formar un precipitado voluminoso, muy absorbente, constituido generalmente por el hidróxido metálico del coagulante que se está utilizando.

Los principales coagulantes utilizados para desestabilizar las partículas y producir el flocson:

- a) Sulfato de Aluminio.
- b) Aluminato de Sodio.
- c) Cloruro de Aluminio.
- d) Cloruro Férrico.
- e) Sulfato Férrico.
- f) Sulfato Ferroso.
- g) Polielectrolitos (Como ayudantes de floculación).

Siendo los mas utilizados las sales de Aluminio y de Hierro; cuando se adiciona estas sales al agua se producen una serie de reacciones muy complejas donde los productos de hidrólisis son mas eficaces que los iones mismos; estas sales reaccionan con la alcalinidad del agua y producen los hidróxidos de aluminio o hierro que son insolubles y forman los precipitados. [2]

Sulfato de aluminio.

Es una sal sólida y de color blanco de fórmula $Al_2(SO_4)_3$ que por sus propiedades físico-químicas es utilizada principalmente como agente coagulante y floculante primario en el tratamiento de aguas de consumo humano y aguas residuales. Se caracteriza por agrupar los sólidos suspendidos en el agua y acelerar la sedimentación, contribuyendo a la disminución de la carga bacteriana, así como la remoción del color y sabor.[28]

Propiedades Físico-Química

- ✓ Aspecto y color: Polvo cristalino blanco brillantes.
- ✓ Olor: Inodoro.
- ✓ Presión de vapor: No aplicable.
- ✓ Densidad relativa (agua=1): 2.71
- ✓ Solubilidad en agua: Elevada.
- ✓ Peso molecular: 342.14

Usos y aplicaciones del sulfato de aluminio.

El sulfato de aluminio grado técnico en estado líquido, es una solución de alta calidad que generalmente se utiliza para clarificación de agua para el consumo humano y en aguas residuales. A través del uso del sulfato de aluminio en solución, se ha demostrado el alto grado de eficiencia y versatilidad de este producto en el campo de clarificación de aguas. [28]

Principales Aplicaciones

Sulfato de aluminio en la industria de la Pulpa y Papel. Ajuste de pH, encolado (brea o cera) y ajuste de retención (fino, carga, pigmentos, etc.) además de servir en el tratamiento de sus efluentes.

Sulfato de aluminio para el Tratamiento de aguas residuales.

El sulfato de aluminio es un producto económico y efectivo en la eliminación del fósforo en las plantas de tratamiento de agua residual, tanto para el uso de humano e industrial y clarifica el agua al precipitar los sólidos suspendidos. [18]

Sulfato de aluminio para el Tratamiento de agua potable.

El sulfato de aluminio permite clarificar el agua potable ya que es un coagulante y por ello sedimenta los sólidos en suspensión, los cuales por su tamaño requerirán un tiempo muy largo para sedimentar.

Sulfato de aluminio en la Manufactura química.

Se emplea en producción de otras sales de aluminio.

Sulfato de aluminio en la industria de jabones y grasas.

Se emplea en la producción de jabones de aluminio y grasas para usos industriales.

Sulfato de aluminio en la industria del Petróleo.

Manufactura de catalizadores sintéticos.

Sulfato de aluminio en la industria de Farmacéutica.

Como astringente en la preparación de drogas y cosméticos.

Agente fijador de colorantes en textiles.

Fabricación de colorantes como el carmín.

Industria del azúcar.

Como purificador de melaza de caña de azúcar.

Otros usos: Como coagulante en la manufactura de caucho sintético de butadieno estireno. Para la fabricación de sales dobles, sulfatos de amonio y aluminio y potasio y aluminio, conocidos como alumbre. Para la purificación de la glicerina. Como retardante del fuego. [23]

Presentación del Sulfato de Aluminio en el Mercado

El consumidor del sulfato de aluminio tiene la opción de elegir entre el producto sólido y el líquido. La tendencia seguida hasta ahora en todos los países industrializados, es a una creciente utilización del líquido por las siguientes ventajas:

- ✓ Más fácil manejo, carga y descarga por bomba, no requiere unidad para romper sacos y disolver, requiere menos mano de obra.
- ✓ Concentración constante, para su uso inmediato (en ocasiones, la disolución del sólido tiene oscilaciones de concentración)
- ✓ Permite un mayor control en la dosificación del proceso, lo que evita variaciones.

Sin embargo el sólido ofrece las siguientes ventajas:

- ✓ Donde no se justifica la instalación de tanques para almacenamiento de producto líquido
- ✓ En zonas extremadamente frías que pueden provocar la congelación durante el transporte y almacenamiento.
- ✓ Cuando el consumidor está muy alejado de la planta productora, el costo del flete base seca se reduce.
- ✓ Tradicionalmente el sulfato de aluminio ha sido el coagulante que domina el mercado por su bajo costo y su fácil obtención, por estas razones la mayoría de las plantas están diseñadas para trabajar con sulfato de aluminio.
- ✓ Actualmente existen en el mercado sales de aluminio más eficientes que con dosis inferiores se obtienen mejores remociones de contaminantes en estos productos el costo aplicado es menor, al costo aplicado del sulfato de aluminio.[23]

Productos disponibles:

- ✓ Sulfato de Aluminio polvo o granular
- ✓ Sulfato de Aluminio líquido

- ✓ Policloruro de aluminio PAC'S Polvo
- ✓ Policloruro de aluminio PAC'S Líquido. [23]

b. FLOCULACIÓN.

La adición de agentes floculantes orgánicos e inorgánicos, permite la aglomeración en flóculos decantables de las pequeñas partículas de materias en suspensión y materias coloidales y la correspondiente decantación de las mismas.[2]

Se utilizan sales de hierro, aluminio o cal con aguas de desecho que tengan concentraciones del orden de un decigramo/litro. Se utilizan polielectrolitos naturales, (alginatos) o de síntesis para concentraciones del orden de 1 mg/l.

En el tratamiento de aguas residuales, la floculación sirve para remover sólidos suspendidos, orgánicos disueltos y sustancias inorgánicas a través de la precipitación y adsorción. La floculación se realiza por medio de una mezcla lenta, la cual tiene como objetivo que las partículas pueden mantenerse en suspensión con el suficiente tiempo para que ocurra la colisión entre ellas. [2]

Existen tres mecanismos que conducen a esta colisión: movimiento Browniano (floculación pericinética), fuerza de corte (floculación ortocinética), sedimentación diferencial (un caso de floculación ortocinética).

El movimiento Browniano es causado por la energía térmica del fluido. Basado en la suposición que todas las partículas son uniformes, este movimiento es especialmente importante para el choque entre las partículas menores a 0,1 μm de tamaño.[1]

El segundo mecanismo, la fuerza de corte, es causado por el movimiento del fluido debido al mezclamiento. Al contrario del movimiento Browniano, la fuerza de corte es importante en la colisión de las partículas mayores a 0,1 μm .

El último mecanismo que conduce a este choque es la sedimentación a través de fuerzas gravitacionales. Este mecanismo involucra la rápida sedimentación de las partículas, tomando con ellas partículas de menor tamaño y de velocidades de sedimentación más bajas. [5]

c. LA FLOTACIÓN Y LA ELECTROFLOTACIÓN.

Estos procedimientos consisten en hacer subir a la superficie del agua las materias en suspensión por medio de burbujas de gas, como el caso de los lodos activados, aunque con menor turbulencia que en aquel caso. Si utilizamos electrodos se produce un desprendimiento de hidrógeno en el cátodo o de oxígeno en el ánodo.

Es un procedimiento de indudables ventajas, pero muy costoso por el elevado consumo de energía.

Después de esta somera revisión de algunas de las técnicas más al uso pasaremos a describir los procesos que se desarrollan en nuestro sistema. [27]

d. SEDIMENTACIÓN.

La sedimentación es un fenómeno natural que sustenta una de las operaciones básicas de la ingeniería de procesos, cuyas aplicaciones más eficientes y económicas, y cuyos más estimulantes requerimientos, tienen lugar con frecuencia en el ámbito del tratamiento de efluentes residuales.

Sedimentación o clarificación, es el proceso de dejar que el material suspendido decante por gravedad. Los materiales suspendidos pueden ser partículas, tales como arcillas, materia orgánica, coloides, etc. [4]

La sedimentación es llevada a cabo por la disminución de la velocidad del agua a tratar hasta el punto en que las partículas no sigan manteniéndose en suspensión.

Cuando la velocidad ya no soporta el transporte de las partículas, la gravedad las removerá del flujo. [5]

La sedimentación es uno de los procesos unitarios que se utiliza ampliamente en los tratamientos de residuos líquidos para separar sólidos en suspensión del agua. La separación de los materiales por sedimentación se basa en la diferencia de peso específico entre las partículas sólidas y el líquido donde se encuentran.

La literatura [8] señala cuatro tipos de sedimentación: discreta, floculenta, retardada y por compresión.

Cada una de ellas depende de la concentración y las características de los sólidos suspendidos presentes en el agua, siendo posible que más de uno de estos procesos se lleve a cabo simultáneamente. [1]

1. Sedimentación discreta.

Las partículas que se depositan mantienen su individualidad. En este caso los sólidos sedimentados mantienen sus propiedades físicas (tamaño, forma y peso específico).

2. Sedimentación con floculación

La aglomeración de las partículas va acompañada de cambios en la densidad y en la velocidad de sedimentación o precipitación que permite a los aglomerados lograr una mayor velocidad de sedimentación.

3. Sedimentación retardada.

Las partículas forman una especie de manta que sedimenta como una masa total presentando una interfase distinta con la fase líquida, entorpeciendo la sedimentación

de las partículas vecinas. Las partículas tienden a permanecer en posiciones relativas fijas y la masa de partículas sedimenta como una unidad.[1]

4. Sedimentación por compresión.

Las partículas están concentradas de tal manera, que se forma una estructura y la sedimentación sólo puede tener lugar como consecuencia de la compresión de esta estructura.

5. Sedimentación de alta tasa.

El término de sedimentación de alta tasa o “highratesedimentation” se refiere al uso de sedimentadores gravitacionales de baja profundidad con tiempos de detención no mayores a 15 minutos para alcanzar resultados comparables o mejores a las eficiencias de sedimentación normalmente obtenidas con tanques de sedimentación convencionales, los cuales tienen usualmente tiempos de detención mayores a 2 horas. [1]

La clarificación de alta tasa utiliza floculación y un sistema de sedimentación para alcanzar una sedimentación rápida. Las ventajas de la sedimentación de alta tasa son:

- Las unidades son compactas.
- La puesta en marcha es rápida (usualmente menor a 30 minutos).

La sedimentación de alta tasa utiliza clarificadores lamelares del tipo placas inclinadas, ya que la eficiencia de sedimentación depende de una suficiente área de sedimentación.

Los sedimentadores lamelares consisten en una serie de placas que son instaladas en un ángulo de 60° con respecto a la superficie del estanque. El flujo va directamente a través del sedimentador y la partícula tiene la tendencia de fluir en un ángulo diferente al del agua, por lo cual hace contacto con la placa en algún punto antes que

alcance el extremo del tubo. Después que la partícula ha sido removida del flujo y colectada en la placa, estas tienden a resbalar hacia abajo y retroceder a la zona de lodos. [5]

Existen dos grandes grupos de sedimentadores: sedimentadores dinámicos y sedimentadores estáticos. Los sedimentadores dinámicos suelen combinar el mecanismo de sedimentación con sistemas de movilización del sedimento por flujo continuo o pulsante, generalmente con el fin de producir efectos complementarios de arrastre o de filtración de sobrenadantes, de asentamiento del propio sedimento o de recirculación del mismo en condiciones de baja carga externa. En los sedimentadores estáticos la única operación es la sedimentación gravitacional. [2]

A su vez, y de forma sencilla, se pueden clasificar en dos grupos: Sedimentadores de superficie libre, o sedimentadores sin barrido, y sedimentadores con barrido. Los primeros son sedimentadores que no tienen un sistema específico de inducción o acarreamiento de flujo de sedimentos para retirar los sólidos depositados, por lo que son de tamaño pequeño y se usan para aguas poco cargadas de sólidos. Entre ellos están el decantador cilindro-cónico y el estático de flujo horizontal.

En los sedimentadores con barrido los sólidos depositados son retirados del tanque por algún medio mecánico (generalmente mediante rasquetas) o hidráulico, consiguiéndose un mayor espesamiento de los lodos. Entre ellos están los decantadores circulares con rasquetas, los longitudinales rectangulares, el de planta cuadrada con barrido circular, los de succión de sólidos y los decantadores-floculadores con cámara y doble sistema de arrastre de sobrenadante (en superficie y de lodos en el fondo). Un tipo particular de los sedimentadores estáticos son los sedimentadores de superficie ampliada. [2]

1.7.4 TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS EN LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Son los procesos biológicos llevados a cabo en las aguas residuales por una o varias comunidades de microorganismos vivos, comúnmente bacterias, en presencia o ausencia de oxígeno disuelto. [27]

Los objetivos que persigue el tratamiento biológico del agua residual son: la coagulación y eliminación de los sólidos disueltos y en suspensión no sedimentables, principalmente orgánicos y la estabilización de esta materia orgánica.

El esquema generalizado de una célula bacteriana en su estructura unicelular es similar a la mayoría de las células vivientes.

En este caso, el carbono lo adquiere de la materia orgánica que llevan las aguas a tratar, y la energía de la oxidación o fermentación que experimenta dicha materia orgánica.

Estas células se reproducen normalmente por escisión binaria.[27]

1.7.4.1 CLASES DE PROCESOS BIOLÓGICOS

Los de uso común, para el fin anteriormente apuntado, se clasifica en:

a) AEROBIOS.

Son realizados por microorganismos vivos, cuyo metabolismo tiene lugar en presencia de oxígeno disuelto. Los productos finales son principalmente CO₂ y H₂O, con desprendimiento de energía, en parte empleada en la formación de nuevos microorganismos, de gran importancia en este proceso para las reacciones de síntesis.

b) ANAEROBIOS.

Son realizados por microorganismos cuyo metabolismo se realiza en ausencia de oxígeno, pudiendo verse gravemente afectados por la presencia de este elemento.

Los productos finales mayoritariamente son CH₄ y CO₂. Las reacciones de síntesis se realizan con poca extensión lo que obliga a utilizar sistemas de retención de microorganismos.

c) FACULTATIVOS.

Los microorganismos responsables de estos procesos (organismos facultativos) son indiferentes a la presencia de oxígeno disuelto.

Según se lleva a cabo el tratamiento biológico bajo condiciones aerobias o anaerobias, el proceso se conoce también como digestión aerobia o anaeróbica.[27]

1.8 MEDIDA DE LA BIODEGRADABILIDAD

La materia orgánica biodegradable se mide en términos de la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno), y la materia orgánica total por la DQO (Demanda Química de Oxígeno).

D.B.O. Su determinación indica cantidad de oxígeno disuelto requerido por microorganismos vivos, existentes en el medio natural: río, lago, etc, para la utilización o destrucción de la materia orgánica por oxidación bioquímica.

La estabilización biológica total de un agua residual puede durar largo tiempo. En la práctica se ha aceptado como referencia la DBO a los 5 días de tratamiento (DBO₅).

D.Q.O. Cantidad de oxígeno que corresponde a la materia orgánica total de una muestra, que es susceptible de oxidarse por un producto químico altamente oxidante en un medio ácido.

El dicromato potásico es el oxidante apropiado para este fin. En los siguientes apartados desarrollaremos el proceso de digestión anaeróbica para aquellas aguas

cuya relación entre la DBO y la DQO sea $>$ de 0,35, es decir, aguas con alta biodegradabilidad. [27]

1.9 IMPACTOS AMBIENTALES DE LOS VERTIMIENTOS INDUSTRIALES

Las aguas residuales industriales pueden tener diferentes impactos ambientales desde el momento de su generación hasta su disposición final. Los impactos ocasionados en el lugar de origen de los vertimientos, están relacionados principalmente con la seguridad industrial puesto que, el manejo inadecuado de los residuos líquidos industriales puede generar accidentes de trabajo como quemaduras y en algunos casos, en enfermedades profesionales ocasionadas por la inhalación de vapores de sustancias potencialmente tóxicas o cancerígenas. [3]

También pueden generar olores ofensivos que afectan tanto a los trabajadores como a la comunidad circunvecina. Éstos se presentan especialmente durante el tratamiento de los efluentes y en el manejo de lodos resultantes.[3]

Una vez que estos efluentes son transportados fuera de la empresa, cuando son vertidos a una red de alcantarillado, pueden afectar su funcionamiento si contienen sustancias corrosivas que atacan uniones y estructuras de cemento; si tienen contenidos elevados de aceites y grasas o de sólidos que se acumulan pueden ocasionar reducciones del diámetro efectivo de las tuberías y eventualmente su taponamiento. Este mal funcionamiento del alcantarillado puede ocasionar inundaciones locales que tienen una gran incidencia sobre la salud pública, en la proliferación de vectores, y/o en la generación de malos olores. [9]

Adicionalmente, cuando las aguas residuales son descargadas, sin tratamiento, a los cuerpos hídricos, se puede afectar el equilibrio biológico tanto en las aguas como en el lodo de fondo, especialmente si se tienen descargas con altas temperaturas, detergentes, altas cargas orgánicas o con sustancias potencialmente tóxicas, cancerígenas y/o mutagénicas. (Sustancias de interés sanitario). [16]

En otros casos, si la disposición final del vertimiento industrial se hace directamente a los suelos, las sales, ácidos, bases y aceites y grasas presentes pueden alterar sus características promoviendo procesos de salinización y de erosión. En caso de no existir capas impermeables en el subsuelo sobre el cual se hacen las descargas de aguas, se puede presentar contaminación de acuíferos con los consecuentes problemas de aumento en los costos de tratamiento para potabilización y/o los ocasionados por la disminución de fuentes de abastecimiento para riego o para agua potable por mala calidad. [9]

1.10 REINGENIERIA

Reingeniería en un concepto simple es el rediseño de un proceso en una determinada empresa. A pesar que este concepto resume la idea principal de la reingeniería esta frase no envuelve todo lo que implica la reingeniería.

Reingeniería es comenzar de cero, es un cambio de todo o nada, además ordena la empresa alrededor de los procesos. La reingeniería requiere que los procesos fundamentales de los negocios sean observados desde una perspectiva transfuncional y en base a la satisfacción del cliente. [14]

Para que una empresa adopte el concepto de reingeniería, tiene que ser capaz de deshacerse de las reglas y políticas convencionales que aplicaba con anterioridad y estar abierta a los cambios por medio de los cuales sus negocios puedan llegar a ser más productivos

Una definición rápida de reingeniería es "comenzar de nuevo". Reingeniería también significa el abandono de viejos procedimientos y la búsqueda de trabajo que agregue valor hacia el consumidor.

Las actividades de valor agregado tienen dos características, es algo que el cliente aprecia y es importante que se ejecuten correctamente desde la primera vez. La reingeniería se basa en crear procesos que agreguen el mayor valor a la empresa.

La definición más aceptada actualmente es la siguiente "La Reingeniería es el replanteamiento fundamental y el rediseño radical de los procesos de la empresa para lograr mejoras dramáticas dentro de medidas críticas y contemporáneas de desempeño, tales como costo, calidad, servicio y rapidez". [14]

En la definición anterior planteada por Hammer y Champy existen cuatro palabras claves: Fundamental, Radical, dramáticas y Procesos.

Estas palabras son claves debido a que:

1. Una reingeniería buscará por qué se está realizando algo fundamental.
2. Los cambios en el diseño deberán ser radicales (desde la raíz y no superficiales).
3. Las mejoras esperadas deben ser dramáticas (no de unos pocos porcentajes).
4. Los cambios se deben enfocarse únicamente sobre los procesos.

Desde otro punto de vista la reingeniería "Es el rediseño rápido y radical de los procesos estratégicos de valor agregado - y de los sistemas, las políticas y las estructuras organizacionales que los sustentan - para optimizar los flujos del trabajo y la productividad de una organización". [20]

En su forma más sencilla la reingeniería cambia el proceso para corregir el ajuste entre el trabajo, el trabajador, la organización y su cultura para maximizar la rentabilidad del negocio.

¿Porqué hacer reingeniería?

Sucede que muchas veces se culpa a los empleados, a los encargados o la maquinaria cuando las cosas no marchan bien; cuando en realidad la culpa no es de ellos sino de la forma en qué se trabaja.

También es importante hacer notar que no es porque el proceso sea malo, sino que es malo en la actualidad debido a que el proceso fue diseñado para otras condiciones de mercado que se daban en el pasado. [14]

1.11 TIPOS DE CAMBIOS QUE OCURREN AL REDISEÑAR LOS PROCESOS

Cambian las unidades de trabajo: de departamentos funcionales a equipos de proceso.

En cierto modo lo que se hace es volver a reunir a un grupo de trabajadores que habían sido separados artificialmente por la organización.

Cuando se vuelven a juntar se llaman equipos de proceso. En síntesis, un equipo de procesos es una unidad que se reúne naturalmente para completar todo un trabajo -un proceso.

Los oficios cambian: de tareas simples a trabajo multidimensional.

Los trabajadores de equipos de proceso que son responsables colectivamente de los resultados del proceso, más bien que individualmente responsables de una tarea, tienen un oficio distinto. Comparten con sus colegas de equipo, la responsabilidad conjunta del rendimiento del proceso total, no sólo de una pequeña parte de él. [24]

Aunque no todos los miembros del equipo realizan exactamente el mismo trabajo, la línea divisoria entre ellos se desdibuja. Todos los miembros del equipo tienen por lo menos algún conocimiento básico de todos los pasos del proceso, y probablemente realizan varios de ellos. Además todo lo que hace el individuo lleva el sello de una apreciación del proceso en forma global.

Cuando el trabajo se vuelve multidimensional, también se vuelve más sustantivo. La reingeniería no sólo elimina el desperdicio sino también el trabajo que no agrega valor.

La mayor parte de la verificación, la espera, la conciliación, el control y el seguimiento -trabajo improductivo que existe por causa de las fronteras que hay en una empresa y para compensar la fragmentación de un proceso- se eliminan con la reingeniería, lo cual significa que la gente destinará más tiempo a hacer su trabajo real. [24]

1.12 SISTEMA DAF

1.12.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

De alta densidad - la precipitación aire-flota burbujas minúsculas adoptadas sucede tecnología, tecnología de la captura de la superficie de las épocas, tecnología del principio a contracorriente, tecnología laminar del principio de la zona separada, tipo eficiente tecnología de dosificación de la coagulación, tecnología de la floculación de la circulación de la espuma, colección del tubo de la precipitación del lodo en siete aspectos de la tecnología de base, alta separación de sólidos suspendidos, el sistema de aguas residuales puesto listo aire-flotan y el arte de la precipitación dos fijado en una piscina en el cuerpo.[26]

Explica el 100% del aproximadamente 10% del agua total después de procesar el agua disuelven eficientemente el reciclaje del gas. Agua en circulación y aguas residuales y la mezcla entre el elixir en un tipo eficiente especialmente diseñado del tubo que dosifica el dispositivo de la coagu-floculación terminado. Características generadas grandes del flóculo en la alta densidad de burbujas minúsculas en el ambiente a generar y a crecer.

Un dispositivo especialmente diseñado del lanzamiento del equilibrio, obtiene el diámetro medio para 2 burbujas minúsculas de alta densidad de burbujas minúsculas que la superficie enorme proporciona capacidad minúscula de los aerosoles de la adsorción.

La adherencia minúscula de las burbujas en aerosoles en el suave después de mezclar de la parte inferior a entrar aire-flota ranuras. En primer lugar una subida rápida de las partículas suspendidas que flotan en la subida rápida de la capa ligera de formación rápida líquida de la escoria de la superficie. [26]

De alta densidad - la precipitación aire-flota la mayoría del lugar especial es que dejó otra vez el dispositivo especialmente diseñado de la captura de la superficie de los tiempos de las aguas residuales, para interceptar y estén movidas emerjan las que se levanten lentamente flotabilidad levemente más arriba que la gravedad de pequeñas partículas y de la pequeña burbuja micro a las épocas condensen gradualmente en características más grandes del flóculo, cuando estas características del flóculo de la flotabilidad aumentan gradualmente, ellos no estuvieran conforme a cualquier disturbio y no fluyan los obstáculos al agua bajo condición de la flotación de la capa ligera de la escoria. La parte de precipitación suspendida de los sólidos por el especial en la parte inferior de los dispositivos de la colección del lodo recoge emisiones. [26]

Ventaja significativa.

- a) Floating y precipitación de la confluencia lista, muy convenientes para las altas concentraciones de tratamiento de aguas residuales complejo
- b) La eficacia alta, cada hora puede alcanzar 8 - as/h (el diseño especial eficiente)
- c) Las emisiones de la concentración del lodo altas, hasta 30 - es 100 gold/L.
- d) Agua de alta calidad
- e) Los gastos de explotación son bajos, y el proceso existente que el ahorro 10-30% de la poción
- f) Carga de alto impacto

g) El equipo sin necesidad de mantenimiento, parte inferior instala un sistema automático de la limpieza, fango de la fila cuando parte inferior automática de la limpieza. [26]

La Tecnología Avanzada de Flotación, permite un método altamente eficiente y económico clarificación de efluentes.

El mecanismo del proceso de la DAF, (Flotación Aire Disuelto) genera burbujas muy pequeñas, con un promedio de diámetro de 20 micrones; esto, en la parte media de la suspensión. Estas burbujas se adhieren tanto a sólidos finos, materia en suspensión, bacterias, precipitados de grasas, aceites, jabones, metales pesados, colorantes, proteínas, elementos orgánicos, etc., levantándolas y haciéndolas flotar en la superficie, permitiendo la clarificación en el fondo del tanque. [11]

La proporción de separación y flotación usando la tecnología DAF está dada por acción de elevación de las burbujas microscópicas, que es de aproximadamente 30 cm. por minuto para las burbujas de 20 micrones, en contraste con las de velocidad de asentamiento en una planta convencional y que es menor a 2.5 cm/min. Esto debido a la pequeña diferencia entre la gravedad específica de los sólidos suspendidos finos y el agua. De acuerdo a estas diferencias de velocidades, tenemos que la flotación es aproximadamente 12 veces más rápida que los procesos clásicos. [11]

Esta tecnología tiene ventajas únicas en su género cuando es utilizado como:

A.- Tratamiento Único.

B.- Tratamiento Primario antes de un tratamiento biológico existente o futuro.

C.- Tratamiento Secundario después de un tratamiento biológico existente o futuro.

D.- Clarificación Secundaria y Filtración Terciaria en plantas compactas de Agua Potable.

De un total de más de 2,000 plantas operando se procederá analizar una serie de instalaciones concretas, que por sí mismas explican el performance en cada una de ellas. (New York, New Jersey, Massachusetts, Texas, Jalisco, México, D.F., Monterrey, etc.)[11]

En Flotación, las burbujas de aire proporcionan una fuerza de apoyo en la separación, haciendo posible el diseño de equipos de más corto tiempo de retención y como consecuencia, un menor volumen en el tamaño de éstos.

Además, la acción de levantarse las burbujas, actúa para concentrar capas de lodo en la superficie, formando un colchón de lodos recuperados de hasta 4% de consistencia. (En sedimentación se obtienen de 0.5-0.7%).

No debemos olvidar que los lodos extraídos de cualquier efluente tienen dos caminos: Regresarse al digestor; al proceso o bien, seguir un manejo posterior que permita disponer de ellos con el menor gasto posible. En ambos casos, el sistema de limpieza que proporcione la mayor concentración de éstos, es el que ahorrará equipos en el paso posterior, ya que manejaremos menos agua. [11]

Esta Tecnología de Flotación aprovecha al máximo los siguientes principios:

a) Se usa un tanque de poca profundidad, exactamente de 40.64 cm a 45.78 cm. Esto hace que las distancias por subir de las burbujas de lodos se acortan.

b) La alimentación de entrada llega al tanque por medio de un manifold radial en rotación. El flujo en proporción controlada que forma la alimentación, se sincroniza con la velocidad de rotación del manifold, de tal manera que la mezcla aire-agua se deposite dentro del tanque, como si se estuviera extendiendo una alfombra de agua, es decir, sin velocidad (Principio de Velocidad Cero). La condición estática (libre de corrientes cruzadas o gradientes de velocidad), permite una flotación eficiente de los sólidos floculados, resultando la clarificación del agua en la parte baja del tanque. [11]

El agua clarificada fluye al depósito central a través de tubos de extracción perforados, los cuales están sujetos al anillo de reunión del movimiento.

Los sólidos pesados que se sedimentan en el fondo, son llevados a una tolva localizada en el mismo fondo, por medio de una hoja de limpieza.

c) La capa de lodo flotado se recoge de la superficie por medio de una cuchara en espiral, la cual también gira alrededor del tanque permitiendo que la capa de lodo se mantenga en un lugar (Acción mecánica que estabiliza los lodos para ser removidos).

El tiempo de retención del agua en estos tipos de clarificadores de Flotación Avanzada, es nominalmente de tres minutos, resultando con esto un equipo de poca profundidad, de poco peso, idóneo para ser instalado en diversas localizaciones; alrededor de las instalaciones, dentro o fuera, así como arriba ó abajo.[11]