



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE BIOTRATAMIENTO PARA UN DESECHO
PELIGROSO GENERADO EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE PINTURA**

Autor: Ing. Maite Martins

Tutor: MSc. Luis Amaiz

Valencia; Junio del 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE BIOTRATAMIENTO PARA UN DESECHO
PELIGROSO GENERADO EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE PINTURA**

AUTOR: Ing. Maite Martins
Trabajo presentado ante el Área de Estudios de
Postgrado de la Universidad de Carabobo para
Optar al título de Magister en Ingeniería Ambiental

Valencia; Junio del 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**PROPUESTA DE BIOTRATAMIENTO PARA UN DESECHO
PELIGROSO GENERADO EN UNA EMPRESA
MANUFACTURERA DE PINTURA**

AUTOR: Ing. Maite Martins

Aprobado en el Área de Estudios de Postgrado de la Universidad de
Carabobo por Miembros de la Comisión Coordinadora del Programa:

_____ (Nombre, Apellido y Firma)

_____ (Nombre, Apellido y Firma)

_____ (Nombre, Apellido y Firma)

Valencia; Junio del 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



VEREDICTO

Nosotros, Miembros del Jurado designado para la evaluación del Trabajo de Grado titulado: PROPUESTA DE BIOTRATAMIENTO PARA UN DESECHO PELIGROSO GENERADO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PINTURA Presentado por: MAITE JOANNE MARTINS PALENCIA para optar al título de MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como:

Aprobado: _____ Tesis óptima:

Nombre y Apellido del Jurado	Cédula de Identidad	Firma
MSc. Luis Amaíz	13.756.848	
Dra. Auxilia Mallia	8.842.095	
Dr. Rafael Dautant	3.919.538	





UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



VEREDICTO

Nosotros, Miembros del Jurado designado para la evaluación del Trabajo de Grado titulado: **PROPUESTA DE BIOTRATAMIENTO PARA UN DESECHO PELIGROSO GENERADO EN UNA EMPRESA MANUFACTURERA DE PINTURA** Presentado por: **MAITE JOANNE MARTINS PALENCIA** para optar al título de **MAGISTER EN INGENIERIA AMBIENTAL** estimamos que el mismo reúne los requisitos para ser considerado como:

Aprobado: _____ Tesis óptima: _____

Nombre y Apellido del Jurado	Cédula de Identidad	Firma
------------------------------	---------------------	-------

_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

Valencia, 15 de Junio del 2018



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



AUTOR: Ing. Maite Martins
TUTOR: Msc. Luis Amaiz
30 DE MAYO DE 2018

RESUMEN

La biorremediación es una técnica ampliamente estudiada hoy en día como una biotecnología factible y aplicable, para el tratamiento de desechos peligrosos generados en diversos procesos industriales. En este proyecto se propuso el biotratamiento de un desecho peligroso generado en una industria manufacturera de pintura, durante proceso de fabricación de resina alquídica TOFA (denominado agua de reacción). Se determinó las características fisicoquímicas del desecho, permitiendo clasificarlo según normativa legal aplicable como desecho peligroso. Para desarrollar el biotratamiento, se estudió la viabilidad bacteriana endógena y exógena, se obteniéndose resultados satisfactorios a un porcentaje de dilución del desecho de 1% v/v. Se realizó reactor piloto empleando el desecho como única fuente de carbono con $N_{15}P_{15}K_{15}$, para determinar el porcentaje de remoción del desecho (en función de DQO experimental), obteniéndose un 61,4% de remoción del mismo, en un periodo de 72 horas, a temperatura ambiente y en aerobiosis. Posteriormente se diseñó un reactor biológico SBR a escala de campo para una eficiencia del 92% de remoción para biodegradar el desecho peligroso, removiendo $DBO_{5,20^{\circ}C}$ teórico hasta 5,3 mg de O_2/L y DQO hasta 212,5 mg O_2/L (valores promedio). Se verificó la factibilidad del proyecto de instalación de reactor biológico SBR mediante estudio de impacto ambiental. En función del análisis de costos la implementación del reactor biológico a nivel de campo sería una alternativa económicamente más sustentable en comparación con el proceso de incineración del desecho peligroso, para la empresa manufacturera de pintura.



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
AREA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



AUTOR: Ing. Maite Martins
TUTOR: Msc. Luis Amaiz
29 DE MAYO DE 2018

ABSTRACT

Bioremediation is a specialized technique studied today as a feasible and applicable biotechnology for the treatment of hazardous waste generated in diverse industrial processes. In this project the biotreatment of a hazardous waste generated in a paint manufacturing industry was proposed, during the manufacturing process of TOFA alkyd resin (denominate reaction water). The physical and chemical characteristics of the waste were determined, allowing it to be classified according to applicable legal regulations as hazardous waste. To develop the biotreatment, the endogenous and exogenous bacterial viability was studied, obtaining satisfactory results at a dilution percentage of the waste of 1% v / v. Pilot reactor was carried out using the waste as the sole carbon source with $N_{15}P_{15}K_{15}$, to determine the percentage of removal of the waste (based on experimental COD), obtaining a 61.4% removal of it, in a period of 72 hours, to ambient temperature and in aerobiosis. Subsequently, a SBR biological reactor was designed at a field scale for an efficiency of 92% removal to biodegrade the hazardous waste, removing theoretical $BOD_{5,20^{\circ}C}$ up to 5.3 mg of O_2 / L and COD up to 212.5 mg O_2 / L (average values). The feasibility of the SBR biological reactor installation project was verified through an environmental impact study. In function on the cost analysis, the implementation of the biological reactor at the field level would be an economically more sustainable alternative compared to the incineration process of the hazardous waste for the paint manufacturing company.

ÍNDICE

Resumen	iii
Abstract	iv
Índice.....	v
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras.....	ix
Capítulo I	1
Planteamiento del problema.....	1
Objetivos.....	10
Justificación del Problema.....	11
Capítulo II	14
2.1. Antecedentes	14
2.2. Marco Teórico.....	18
Capítulo III	45
3.1. Marco metodológico.....	45
3.2. Muestras de Estudio.....	46
3.2.1.- Origen del desecho peligroso.....	46
3.2.2.- Origen de las cepas bacterianas.....	46
3.2.3.- Toma de muestra para la caracterización fisicoquímica del desecho peligroso.....	47
3.3. Caracterización fisicoquímica parcial del desecho peligroso.....	48
3.4. Plan de manejo del desecho peligroso: carácter técnico y operacional.....	50
3.4.1.-Descripción de las actividades que se desarrollan en las áreas involucradas desde el proceso del producto de interés hasta la identificación de los puntos de generación del desecho peligroso.....	50
3.4.2.-Detalle de los procedimientos internos desde su solicitud hasta el almacenaje del desecho peligroso.....	50

3.4.3.-Elaboración del Plan de contingencia.....	51
3.4.4.- Adiestramiento del personal.....	51
3.4.5.-Alternativas de minimización.....	51
3.5. Prueba piloto del biotratamiento del desecho peligroso (reactor biológico)...	52
3.5.1.- Toma de muestra para la caracterización microbiológica del desecho peligroso.....	52
3.5.2.- Viabilidad bacteriana.....	52
3.5.2.1. Viabilidad bacteriana endógena.....	53
3.5.2.2. Viabilidad bacteriana exógena.....	54
3.5.3.- Caracterización macro y micromorfológica de los microorganismos detectados.....	54
3.5.4.- Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo de incubación.....	55
3.6. Diseño de reactor biológico SBR	57
3.7. Estudio de impacto ambiental	65
3.8. Inversión para el diseño.....	65
3.9. Planos de reactor biológico SBR.....	66
Capítulo IV.....	69
Resultados y discusión.....	69
4.1. Caracterización físico-química del desecho peligroso.....	69
4.2. Plan de manejo del desecho peligroso: carácter técnico y operacional.....	74
4.2.1.-Descripción de las actividades que se desarrollan en las áreas involucradas desde el proceso del producto de interés hasta la identificación de los puntos de generación del desecho peligroso.....	74
4.2.2. Detalle de los procedimientos internos para solicitar, manipular, recoger, transportar, embalar, etiquetar y almacenar el desecho peligroso.....	77
4.2.3. Plan de contingencia.....	82
4.2.4. Análisis de las alternativas de minimización de desechos peligroso.....	85

4.3. Prueba piloto del biotratamiento del desecho peligroso (reactor biológico).....	85
4.3.1. Viabilidad bacteriana.....	85
4.3.2. Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo de incubación.....	93
4.4. Diseño de reactor biológico SBR.....	97
4.5. Inversión para el diseño.....	101
Capítulo V	104
Conclusiones.....	104
Recomendación.....	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106
APÉNDICE A.....	116
Informe de caracterización de desecho peligroso, laboratorio UGA.	
APÉNDICE B.....	127
Formato de información sobre el desecho peligroso para personal.	
APÉNDICE C.....	135
Memoria descriptiva de los cálculos del diseño del reactor biológico SBR.	
APÉNDICE D.....	143
Estudio de impacto ambiental mediante matriz de Leopold.	
APÉNDICE E.....	153
Planos del reactor biológico SBR.	
APÉNDICE F.....	155
Cotizaciones de costos de equipos, instalación e incineración	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I	Enzimas codificadas por los genes del plásmido TOL.....	35
TABLA II	Parámetros a analizados en la muestra de desecho.....	49
TABLA III	Resultados de la caracterización de peligrosidad del desecho (AR).....	70
TABLA IV	Resultados de la caracterización parcial fisicoquímica de la fase acuosa del desecho peligroso (AR).....	72
TABLA V	Compuesto referencial a ser considerado sustancia peligroso.....	73
TABLA VI	Características físicas del desecho peligroso (AR) a biotratar.....	86
TABLA VII	Prueba de viabilidad bacteriana endógena a diferentes porcentajes de dilución del desecho peligroso (AR).....	88
TABLA VIII	Características morfo típicas de las colonias bacterianas endógenas obtenidas en la prueba de viabilidad.....	89
TABLA IX	Prueba de viabilidad bacteriana exógena empleando cepas IQ a diferentes porcentajes de dilución del desecho peligroso (AR).....	90
TABLA X	Características morfotípicas de las colonias bacterianas exógenas obtenidas en la prueba de viabilidad.....	91
TABLA XI	Parámetros de control determinados en la curva de crecimiento de CX en función del tiempo.....	95
TABLA XII	Datos de entrada para el diseño del reactor SBR.....	97
TABLA XIII	Dimensiones para el diseño del reactor biológico SBR.....	98
TABLA XIV	Parámetros de diseños para procesos de lodos activados....	139
TABLA XV	Matriz de Leopold fase de instalación.....	145
TABLA XVI	Matriz de Leopold fase de operaciones y mantenimiento del reactor biológico.....	147
TABLA XVII	Matriz de Leopold fase de abandono.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1	Características físicas del desecho (AR), muestreo.....	69
FIGURA N° 2	Esquema del proceso de manufactura de resina alquídica, generación de desecho peligroso, agua de reacción (AR).....	75
FIGURA N° 3	Esquema de manufactura de resina alquídica en la industria manufacturera de pinturas.....	76
FIGURA N° 4	Etapas de alcoholisis en el proceso de fabricación de resina alquídica.....	77
FIGURA N° 5	Etiqueta del desecho peligroso agua de reacción.....	80
FIGURA N° 6	Esquema de traslado de desecho peligroso agua de reacción.....	81
FIGURA N° 7	Esquema en caso de derrame de desecho peligroso agua de reacción.....	84
FIGURA N° 8	Muestras del desecho peligroso captadas para los ensayos de viabilidad y montaje del reactor biológico a escala de laboratorio.....	86
FIGURA N° 9	Montaje del reactor piloto para el biotratamiento del desecho peligroso M2.....	94
FIGURA N° 10	Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo...	96
FIGURA N° 11	Esquema comparativo de costos.....	102

CAPITULO I

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El constante progreso de la ciencia y la tecnología, en campos como la industria farmacéutica, automotriz, del acero, agrícola, espacial e incluso bélica, ha hecho que todo el material de desecho deba eliminarse, ya sea por su desactivación, desintegración, o guardado en lugares seguros para la seguridad del hombre. Sin embargo, esto no se ha cumplido a cabalidad, porque se siguen desechando materiales altamente contaminantes en ríos, mares y en la tierra sin una bioseguridad que proteja a la ecología y la vida de las especies. Esto tendrá gran importancia en el futuro, con los avances que seguramente se darán, dado que seguirán generándose desechos en nuestro planeta.

La generación de desechos en los procesos productivos se interpreta como un síntoma de ineficacia de un sistema productivo en el que se pierden gran cantidad de materiales que pasan a ser residuos en forma de emisiones, vertidos o desechos. El modelo de producción actual necesita de importantes aportaciones de materias primas y energía, recursos que en muchos casos son escasos o están próximos a agotarse.

Este modelo de producción lineal no cierra los ciclos productivos, como sí lo hace la naturaleza, en la que no hay residuos ya que todos los materiales se reutilizan y forman parte de nuevos procesos.

El modelo de producción actual genera más residuos en cada una de sus fases (extracción de materias primas, transporte, fabricación, distribución y consumo) que la cantidad de bienes que produce. Se verifica que por cada tonelada de residuos que se genera en el momento del consumo de cualquier producto, se han producido 20 toneladas de residuos en el proceso de extracción de las materias primas necesarias para su producción y 5 toneladas de residuos durante el proceso de fabricación. (Pérez, J. 2010). Por tanto, este modelo no respeta los ciclos de la naturaleza ni tiene en cuenta sus límites físicos y ambientales, teniendo importantes consecuencias en el agotamiento de los recursos naturales y la contaminación del aire, del agua y del suelo.

La generación de desechos peligrosos esta intrínsecamente unida al desarrollo Industrial, sólo que sus efectos irreversibles sobre el medio ambiente y la salud pública estuvieron ocultos durante largos periodos de tiempo. Entre los primeros desastres ambientales registrados por el mal manejo de desechos peligrosos se encuentra el caso del “Love Canal” EEUU. (Schmidt, C. 2006).

En 1942, una empresa subsidiaria de Oxy, Hooker Chemical and Plastics Corporation, realizó vertidos químicos en la región de Love Canal, aunque otras compañías y los militares de los E.E.U.U. la habían utilizado como vertedero químico desde 1920.

Más tarde en 1950s, fueron convencidos por el consejo escolar local bajo la amenaza de expropiarlos, para vender el terreno con la intención de utilizar un área, sin usar del vertedero, en la construcción de una escuela. Hooker Chemical

vendió el terreno al consejo escolar por 1 Dólar y dio una advertencia que el sitio contenía "algunas plantas contaminadas" pero no proporcionó los detalles sobre los productos químicos tóxicos enterrados en el sitio, ni la cantidad que enterró. Una escuela fue construida en el lugar y un distrito residencial de clase media fue alojado más adelante en la tierra adyacente al colegio. A finales de 1970s aumentaron los índices de complicaciones sanitarias en la región de Love Canal, incluyendo altos índices de cáncer y malformaciones de nacimiento. En 1980 después de alcanzar calado nacional, el entonces presidente Jimmy Carter declaró emergencia federal en el área. Los residentes fueron recolocados y Hooker Chemical desembolsó más de 200 millones de dólares para descontaminar la zona.

En Europa, las estrictas leyes ambientalistas hicieron que, para los países exportadores, resultara más ventajoso enviar sus desechos al exterior, que procesarlos en casa, algunos países, especialmente de África Occidental, se convirtieron en víctimas de esta política. (Ferrando, M. 2007).

En Marzo de 1994 se realiza el convenio de Basilea, el cual, establece normativas sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; e indica el protocolo sobre responsabilidad e indemnización por daños resultantes de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación. Firmada por 65 países, apuntaba a proteger a las naciones del Tercer Mundo de los desechos tóxicos exportados por los países desarrollados. (Martínez, J. 2005).

Los objetivos no se han cumplido cabalmente y ha habido múltiples intentos por hacerla fracasar. Gracias a las gestiones de la Asociación para la Protección del Consumidor y de su Medio Ambiente de Benin (APCEB), actualmente se prohíbe el tránsito, importación almacenamiento, entierro o derrame de desechos tóxicos y /o peligrosos en cualquier parte del país y se considera cualquier convenio o transgresión en ese sentido como un crimen contra la nación.

Jacques Edjroquinto, fundador de APCEB, permitió alertar a los habitantes de África Occidental respecto a los contratos que se realizaban entre países para el desecho de residuos nucleares; la cobertura de los medios de comunicación ayudó a movilizar la oposición popular e impedir el trato. Desde entonces, no se ha registrado ningún intento de vertederos similares a gran escala.

El desarrollo industrial de México a partir de los años cuarenta experimentó un crecimiento exponencial debido a la sustitución de las importaciones y el apoyo a la creación de nuevas industrias en todos los ramos. En México se generan aproximadamente 8 millones de toneladas de residuos peligrosos al año, de los cuales, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) sólo controla 3 millones 705 mil 846 (el 45%) porque no tiene registradas a todas las empresas que producen estos desechos. Además, no existe una legislación clara que sirva para el control de todos los desechos tóxicos. La Semarnat ha informado, que más de 100 mil empresas que se estima existen en el país, sólo 27 mil 800 informan sobre el manejo y destino final que

dan a sus desechos peligrosos. Esto no incluye los desechos producidos y acumulados durante años dentro de sus instalaciones. La presencia de residuos peligrosos, como materiales químicos, biológico-infecciosos y tóxicos en el agua puede provocar, entre muchos otros males, síndromes diarreicos, intoxicaciones o cáncer, lo que hace obvio que estos residuos se deben manejar cuidadosa y adecuadamente, y porque pueden derivarse otras enfermedades, causadas por el contacto de tales desechos con el hombre y su medio ambiente.

Existen múltiples evidencias sobre los efectos adversos en la salud humana, debido a la exposición a químicos tóxicos, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, así como por la contaminación atmosférica debido a volatilización y quema. Estos efectos sobre la salud en numerosos aparatos y sistemas, son de tal importancia que actualmente se consideran como un problema de salud pública. (Navarro, F. 2009).

En materia de manejo de residuos, Holanda es uno de los países más avanzados de Europa y quizás del mundo. La falta de espacio y una creciente conciencia ambiental obligó al gobierno holandés a tomar medidas de forma inmediata para eliminar prácticamente los rellenos sanitarios. El resultado es impresionante: en 2010 alrededor del 80% de los residuos, se reciclaba el 16% era incinerado y sólo una pequeña fracción de 3 a 4% de los desechos producidos en los Países Bajos se depositan en rellenos sanitarios. La organización encargada de los desechos peligrosos denominada; Afvalstoffen Terminal Moerdijk (ATM), trata diferentes flujos de residuos: suelo contaminado (más de 1 millón de toneladas al año), lodos, desechos peligrosos

(pinturas) y los residuos líquidos en una planta totalmente integrada con diferentes técnicas de pirolisis, un horno rotatorio y una planta de tratamiento de aguas. (Bastiaenen, P. 2010).

En Venezuela; el manejo apropiado de los desechos peligrosos es un problema poco abordado. En este estudio se realizó una búsqueda de información disponible en cuanto a la generación y manejo a nivel interno y externo de los desechos peligrosos por parte de las industrias nacionales. Se determinó que existen solamente algunos informes aislados sobre la generación de desechos industriales peligrosos y su manejo. También, resultó imposible determinar la cantidad total de desechos generados en el país. Las empresas consultadas presentaron deficiencias en todas las etapas del manejo de sus desechos, a saber: generación, acumulación y almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final. La falta de conocimiento de la legislación y del manejo apropiado de los desechos se presentó como la principal causa del mal manejo de los desechos. Pero, también, fue evidente la falta de entidades estatales o privadas encargadas de dar servicios de almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de desechos peligrosos en el país.

En la actualidad se considera prácticamente imposible cuantificar los materiales químicos empleados como materia prima en los procesos industriales del país. Es así como, por ejemplo, solamente en materias primas para la industria de pinturas se importan una gran cantidad de productos químicos peligrosos (explosivos, corrosivos, volátiles, radioactivos, combustibles) diferentes, de los cuales se desconoce el tipo y la cantidad total ingresada por

nuestros puertos. El desconocimiento de la composición química exacta de los desechos generados, crea una incógnita sobre la mejor forma de disponer del mismo sin causar un impacto al medio ambiente. Las pocas opciones de empresas debidamente autorizadas y con alternativas para la disposición correcta de desechos peligrosos, ocasionan un alto volumen de tambores con desechos sólidos y líquidos en un almacén temporal durante más tiempo de lo que incluso las leyes locales indican.

En Venezuela existe legislación exclusiva cuando se trata de desechos peligrosos, (desde hace más de 15 años se creó el DECRETO 2635) Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos (Gaceta Oficial Extraordinaria No 5245 del 3 de agosto de 1998); La cual señala que su creación se realizó, considerando; “establecer mecanismos que orienten la gestión de los generadores de desechos peligrosos hacia su reducción. El fomento del reciclaje, reuso y aprovechamiento bajo la forma de materiales peligrosos recuperables. Y el tratamiento y disposición final, cumpliendo con las medidas de seguridad, y no constituyan una amenaza a la salud ni al ambiente”.

En nuestro país no existen muchas técnicas ni empresas debidamente autorizadas para la disposición de desechos peligrosos para evitar el impacto sobre el medio ambiente y la salud pública. Sin embargo, las industrias cementeras presentan una buena opción en el reuso de desechos de mezclas de pinturas y algunas resinas las cuales incorporan a sus procesos de manufactura; siempre y cuando, los análisis indiquen ausencia de metales pesados. También

existen oportunidades, cuando se trata de desecho con capacidades caloríficas adecuadas de acuerdo con lo establecido en el Decreto 2.635 en el Artículo 13. Sección 3. “Los materiales peligrosos recuperables para aprovecharlos como combustible, deberán tener un valor calórico neto superior a 30 MJ/kg o una potencia térmica superior a 3 MW y no presentar contaminación por encima de los límites establecidos en el punto 1 de este artículo”, este tipo de sustancias son recuperables y usualmente en nuestro país se usan como combustible en los incineradores de los procesos de fabricación de cemento y concreto.

Cuando se trata de desechos peligrosos cuya composición química incluye anillos bencénicos, cadenas carbonadas complejas, la disposición de estos desechos líquidos peligrosos, se convierten en un reto por la baja factibilidad de opciones de tratamiento y disposición final. Estos problemas son absolutamente universales y en mayor o menor medida aparecen en todos los países, aunque algunos de ellos están exacerbados en sociedades como la nuestra que ha experimentado un desarrollo industrial acelerado en las últimas décadas. Por otra parte, aunque las nuevas (bio) tecnologías pueden proporcionar un cierto remedio a muchos problemas de contaminación intensiva y extensiva, el deterioro medioambiental causado por la actividad industrial no es simplemente un problema técnico o científico. La generación de desechos es algo consustancial a la existencia de las actividades petroquímicas y metalúrgicas, sin las cuales, nuestra sociedad actual no sería viable. Las tecnologías y procesos industriales pueden ser más limpios, pero no totalmente limpios y una sociedad

sin contaminación requeriría un profundo cambio social y de forma de vida, que ninguna fuerza política significativa sostiene hoy en el mundo occidental.

En vista de esto surge la necesidad inminente de iniciar procesos de investigación y aplicación de diversas técnicas biotecnológicas que nos permitan ampliar las opciones de gestión ambiental para el tratamiento de desechos peligrosos generados por las empresas de manufacturas de pinturas las cuales generan altas cantidades de desechos peligrosos, para los que las alternativas de tratamiento y disposición final en nuestro país son bastantes reducidas; es vital iniciar el proceso de desarrollo de nuevas alternativas que impulsen la protección del medio ambiente, es necesario en estos tiempos convertirnos en pioneros de nuevas técnicas factibles que nos permitan realizar un desarrollo sustentable y sostenible. La presente investigación apunta al planteamiento de biotecnología dentro de la industria manufacturera de pinturas que permita dar una disposición final al desecho peligroso generado, minimizando impactos sobre la salud y el medio ambiente.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer biotratamiento para un desecho peligroso generado en una empresa manufacturera de Pintura.

Objetivos Específicos

- Describir las características físico-química y microbiológica del desecho peligroso a disponer.
- Analizar las opciones de carácter técnico y operacional para el manejo del desecho peligroso durante las pruebas y el almacenamiento temporal.
- Estudiar la viabilidad de crecimiento microbiano en el desecho peligroso empleando microorganismos endógenos y exógenos.
- Proponer el diseño de un reactor biológico a nivel de campo para realizar el biotratamiento del desecho peligroso.

1.3. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Los desechos peligrosos son los elementos, sustancias, compuestos, restos o mezclas que representan un riesgo para el ambiente, la salud de los humanos y de las diversas especies animales y vegetales, o los recursos naturales. No se conoce con exactitud la dimensión de muchos de los efectos tóxicos que producen estos desechos. El problema de los desechos está relacionado con aspectos políticos, técnicos y sociales, ya que las inversiones en el desarrollo tecnológico e industrial no son iguales a las inversiones que se hacen en la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos. Se debe de actuar dentro de un amplio marco ético en el manejo de los desechos real o potencialmente tóxicos, ya que se pueden vulnerar los principios éticos de las personas, además de su salud. Se requiere de mayor congruencia entre las normas y reglas, actuales y futuras, la ejecución de las mismas y la evaluación de los resultados.

En función de lo planteado, tanto en Venezuela como a nivel mundial, surge la necesidad de analizar las opciones de carácter técnico y operacional para el manejo del desecho peligroso, desde la disminución de los mismos hasta su posible alternativa de tratamiento, ya sea de manera biológica o fisicoquímica que permitan mitigar y reducir los efectos nocivos que éstos ocasionan al medio ambiente

Entre los objetivos planteados en la empresa manufacturera de pintura, consiste en tener el compromiso en disminuir, mitigar la generación de

desechos peligrosos para obtener la certificación Corporativa Global y dar cumplimiento a los requerimientos corporativos e ISO 14001, Adicionalmente, adecuar el almacén de desechos a los requerimientos del decreto 2.635 y lograr la obtención de la constancia de cumplimiento en desechos para cada año.

La empresa comprende que el descontrol y el crecimiento de la cantidad de desechos en el almacén generan costos a largo plazo para la disposición final de los mismos y representa un riesgo de contaminación ambiental el mantener el material por prolongados periodos de tiempo. Desde el punto de vista legal el no encontrar un método adecuado de tratamiento y disposición de desechos acarrea el incumplimiento del decreto 2.635 en su Artículo 35. (El cual indica) “Ningún desecho peligroso puede permanecer más de cinco (5) años en un almacén o sitio de carácter temporal. Los desechos peligrosos que ofrezcan riesgos de tipo 4 ó 5, no pueden permanecer en condiciones de almacenamiento temporal durante más de un año, sin haber sido tratados o tomado las medidas necesarias de manera que se haya minimizado el riesgo ambiental y peligro a la salud”.

Actualmente en Venezuela, son escasas las empresas manejadoras de desechos peligrosos y sus operaciones se encuentran limitadas por la indisponibilidad de reactivos, métodos de ensayos, maquinarias y otros; en consulta con al menos tres empresas manejadoras de desechos peligrosos actualmente permisadas por el ministerio encargado del cumplimiento de leyes y normas ambientales, sólo poseen la técnica de incineración para realizar la disposición final del desecho peligroso que se desea disponer.

La ventaja de implementar y/o desarrollar una alternativa biotecnológica radica en que en primer lugar la empresa podría tratar sus desechos peligrosos y así podrá reducir los impactos negativos que estos desechos ocasionan, en segundo lugar, emplear microorganismos para la degradación de estos compuestos no son nocivos para el hombre y al ambiente ya que se tratarían de microorganismos de origen ambiental y que son especializados para el tratamiento de estos desechos, adicionalmente, el desecho biotratado sería más inocuo para el ambiente y facilitaría su disposición final. Del mismo modo representaría una alternativa económica en control y disminución de desechos generados en la empresa.

En función de lo planteado anteriormente, este trabajo representa un aporte invaluable para la empresa, ayudaría tener una mejor gestión que incluya un tratamiento del desecho generado; reduciría el stock de su almacén de desechos utilizando técnicas de tratamiento y disposición ecológicamente viables, sin impacto nocivo en el ambiente y la salud. Además de obtener la certificación Corporativa Global y dar cumplimiento a los requerimientos corporativos e ISO 14001.

CAPITULO II

2.1. ANTECEDENTES

A continuación se describen algunos trabajos de investigación que pueden ser empleados como referencias para el desarrollo de la investigación planteada en este trabajo.

Cortón E., Viale A., (2006), en su revisión bibliográfica menciona que la biorremediación es la utilización de seres vivos para solucionar un problema ambiental, tales como suelo o agua subterránea contaminados. En un ambiente no contaminado, las bacterias, los hongos, los protistas, y otros microorganismos heterotróficos degradan constantemente la materia orgánica disponible, para obtener energía. Cuando un agente contaminante orgánico, combustible, petróleo u otro es accidentalmente liberado en un ambiente dado, algunos de los microorganismos indígenas morirán, mientras que sobrevivirían algunos otros capaces de degradar estos compuestos orgánicos. La biorremediación trabaja proveyendo a estos organismos de nutrientes, oxígeno, y otras condiciones que favorezcan su rápido crecimiento y reproducción. Estos organismos entonces podrán degradar el agente contaminante orgánico a una velocidad mayor, proporcionando una técnica para limpiar la contaminación, realizando los mismos procesos de biodegradación que ocurren naturalmente en el medio ambiente. Dependiendo del sitio y de sus contaminantes, la biorremediación puede ser más segura y menos costosa que soluciones alternativas tales como la incineración o el enterramiento de los materiales contaminados.

Quesada, H., y col, (2007) mencionaron en su bibliografía que el manejo apropiado de los desechos peligrosos es un problema poco abordado en la gestión de residuos en Costa Rica. El 29,0% de las industrias participantes manifiestan utilizar métodos físicoquímicos dado que producen desechos de pinturas, baterías, desechos biopeligrosos y lodos con metales pesados como: cromo, níquel, cobre y hierro. Estos tratamientos físico-químicos están dirigidos a cambiar las características físicas, químicas o biológicas de los desechos peligrosos de manera que se produzcan desechos no peligrosos o menos peligrosos para su almacenamiento, transporte o disposición final. Se determinó que el 16,7% de las empresas envían los desechos peligrosos a los rellenos sanitarios convencionales, dado que en Costa Rica no existen rellenos exclusivos para desechos peligrosos (de seguridad).

Esta investigación agrega valor en cuanto a la problemática que se suscita en todos los países de América Latina en cuanto a la necesidad de analizar opciones de tratamiento y disposición final que permitan reducir el impacto de los desechos peligrosos en el ambiente y la salud.

Sonil, N., y Smiti S.S., (2010) estudiaron la capacidad de biodegradación de *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, y *Rhodococcus spp* sobre el polietileno; el cual, es un polímero hecho de una cadena larga de monómeros de etileno. Realizaron pruebas de incubación con los microorganismos junto con el polietileno en frascos de vidrio, en agitación y a temperatura ambiente durante 3 semanas para determinar la eficacia de degradación. Obtuvieron que las *Pseudomonas* son las más eficaces como degradantes del polietileno con un

resultado del 40,5%, seguido de *Brevibacillus*, con el 37,5% y *Rhodococcus* con un 33% de biodegradabilidad.

Esta investigación agrega valor en cuanto al requerimiento de la aplicación de diversas bacterias y la comparación de los resultados lo cual indicará la opción más factible para el material que se desea degradar.

Franceschi, A. (2011), caracterizó microorganismos para la degradación de residuos de hidrocarburos generados en un laboratorio del departamento de química, Facyt-UC. En dicha investigación, se aislaron consorcios bacterianos provenientes de 3 residuos de petróleo del laboratorio de hidrocarburos, y se cuantificó la cantidad del residuo degradado por los consorcios microbianos aislados. Después de 25 días de crecimiento en un medio mínimo mineral (N₁₅P₁₅K₁₅) y el hidrocarburo (residuo) como única fuente de carbono y de diferentes condiciones, los microorganismos detectados fueron: *Bacillus spp.*; *Serratia spp.*; *Burkholderia spp.* y *Escherichia spp.* En cuanto a la cantidad de hidrocarburos degradados, se obtuvo que para la muestra de crudo pesado biodegradaron un total de 28% de la muestra, mientras que para la muestra de crudo+ hexano un 95,6% y para la muestra de crudo liviano un 75,6%.

Esta investigación agrega valor en cuanto al requerimiento de la aplicación de diversas bacterias y la comparación de los resultados lo cual indicará la opción más factible para el material que se desea degradar.

Vivas, Y. (2013). Evaluó el biotratamiento de residuos líquidos fenolados (RLF) generados de proceso productivo de una empresa manufacturera de

materiales químicos. Los RLF fueron caracterizados parcialmente a nivel biológico y fisicoquímico. Se establecieron las condiciones de crecimiento del consorcio bacteriano para la biodegradación del RLF, estimándose las dosis óptima de NPK 15 de 1g/L, un intervalo de pH 7-9, en aerobiosis, temperatura ambiente en un lapso de tiempo de siete días. La eficiencia del biotratamiento fue 84%, lo que indica que el proceso es altamente eficiente para degradar este tipo de compuestos en las condiciones establecidas en el laboratorio. Adicionalmente se estudió la compatibilidad de RLF biotratado con el efluente del biorreactor de PTAR de la empresa, el cual, se removió un 32,8% de $DBO_{5,20^{\circ}C}$; 66,7% de DQO y un 83% de fenol en los tres días de incubación.

Esta investigación agrega valor en cuanto a la importancia del estudio de viabilidad y de determinar las condiciones adecuadas para el biotratamiento. Así mismo demuestra que el consorcio bacteriano es una herramienta biotecnológica para el tratamiento de residuos líquidos fenolados.

García, J., (2007). Planteó estudiar la eliminación por vía microbiológica de un compuesto xenobiótico, el fenol, en aguas residuales de origen urbano, utilizando para tal efecto, un reactor discontinuo alimentado (SBR). Se instrumentó y automatizó el reactor SBR, lo que permitió controlar procesos de degradación con patrones de alimentación y ciclos de funcionamiento controlados. Se realizaron varios ensayos discontinuos a distintas condiciones iniciales de concentración de sustrato y de biomasa (S_0 y X_0). Los resultados de dichos ensayos muestran un comportamiento atípico de la biomasa, ya que se detectó un crecimiento residual luego de la remoción completa de fenol, lo cual

según el modelo de Haldane–Andrews no es factible, pues el crecimiento de los microorganismos termina cuando éstos degradan por completo el sustrato disponible. Este comportamiento se atribuyó a que el proceso de degradación del fenol no se lleva a cabo en un solo paso, sino que al iniciarse la biodegradación se produce un metabolito intermediario, presumiblemente el 2-hmas, cuyo consumo se traduce en el mencionado crecimiento residual de los microorganismos. Debido a que el modelo de Haldane-Andrews no considera el efecto de la producción de metabolitos intermediarios inhibitorios y su eventual acumulación y consumo durante la biodegradación del fenol, en este trabajo se propone un nuevo modelo matemático en el cual este aspecto sí se considera.

Esta investigación indica la factibilidad del empleo de un reactor tipo SBR para el biotratamiento de compuestos orgánicos; verifica la importancia de elección del método adecuado en la simulación para el diseño del reactor, ya que esto repercute directamente en el rendimiento del mismo.

2.2 MARCO TEORICO

La concepción de ciclo de vida de productos y residuos deberá ser la base para el desarrollo de un modelo conceptual que permite abordar en forma sostenible y eficaz un sistema de gestión de residuos. Lo anterior plantea que los residuos son parte del ciclo de vida de los materiales, lo que lleva a la necesidad de establecer un enfoque integral en la gestión de los materiales peligrosos que permita su manejo seguro o ambientalmente adecuado a lo largo de todo su ciclo

de vida: desde que se extraen para la obtención de las materias primas, se sintetizan o procesan, se transportan, almacenan o comercializan y se utilizan, hasta el descarte del producto cuando ya no sirve para el fin que fue adquirido o que dejó de satisfacer las necesidades de su propietario.

El tratamiento de residuos consiste en un proceso de transformación cuyos objetivos son:

- ✓ Reducir el volumen y disminuir la peligrosidad.
- ✓ Destruir sustancias peligrosas que no es posible confinar.
- ✓ Contener y aislar los materiales peligrosos.

Cada proceso de tratamiento producirá otros residuos (emisiones atmosféricas, efluentes y residuos sólidos), que requerirán una gestión especial en función de sus características. (Arias, A. y Suárez, L. 2007)

Una de las características de los tiempos modernos es la gran producción de materiales sintéticos que son difíciles de degradar y/o son tóxicos para el ambiente. Con el fin de mejorar su rendimiento, los compuestos han sido diseñados específicamente para tener una larga vida útil y no reaccionar con los productos químicos ambientalmente más comunes. Estas mismas características evitan su degradación. Las estructuras compuestas resistentes al ataque químico, que por lo tanto consiguen una mayor longevidad y un mantenimiento eficaz de la estructura, características deseables, son resistentes a las enzimas de la mayoría de los microbios. En algunos casos, por ejemplo los PCBs (bifenilos

policlorados) estas características han sido responsables, en parte, de su presencia continua en zonas donde su producción y uso se ha detenido.

Los procesos de fabricación poco eficaces también han dado lugar a escapes accidentales de productos y precursores tóxicos. Los materiales residuales emitidos directamente desde fuentes industriales y agrícolas, son causa de contaminación de suelos y aguas de todo el mundo.

Una estrategia para minimizar la contaminación sería disminuir la reactividad y peligrosidad del contaminante y en forma simultánea, reducir su vertido al medio ambiente. Dado que esto no siempre es posible de llevar a cabo, se han desarrollado técnicas de remediación, que básicamente podemos clasificarlas en:

- ✓ In situ. El tratamiento se realiza en el lugar que se encuentra el residuo contaminante.
- ✓ Ex situ. El tratamiento se realiza en un lugar diferente al lugar en que se encuentra el residuo, dicho lugar no es una planta de tratamiento.
- ✓ En planta. El tratamiento se realiza en una planta de tratamiento de residuos especiales.

Las dos últimas alternativas son las más costosas, en términos económicos y ambientales. Una única tecnología no siempre reúne las mejores condiciones para reducir todos los contaminantes presentes en un sitio a remediar, por lo que se suele emplear una secuencia de tecnologías. (Manacorda, A. y Cuadros, D. 2005).

Tratamientos Físicoquímicos, ventajas y desventajas.

Actualmente se utiliza tratamiento físicoquímico (coagulación, floculación, adsorción en carbón activado y membranas, entre otros) para eliminar contaminantes de las aguas de origen industrial. (Pokhrel y Viraraghavan., 2004). Algunas plantas de tratamiento de aguas residuales (PTARs) utilizan sistemas biológicos, sin embargo, la presencia de compuestos recalcitrantes se convierte en un factor perjudicial. De manera general, las plantas de tratamiento intentan alcanzar valores de vertimientos permisibles de materia orgánica biodegradable, medida como $DBO_{5,20^{\circ}C}$ (demanda biológica de oxígeno); sin embargo los valores relativos a DQO (demanda química de oxígeno) y color resultan más difíciles de cumplir. En la mayoría de los casos, altas concentraciones de estos contaminantes, pueden inhibir el rendimiento y ser tóxicas para la biota responsable de la remoción de los mismos, con diversas consecuencias y efectos negativos a los ecosistemas acuáticos. (Raj y Quen., 2005).

El término biorremediación o biorrecuperación se utiliza para denominar una variedad de sistemas de recuperación que degradan, transforman o eliminan o disminuyen la toxicidad de contaminantes orgánicos o inorgánicos a través de la actividad biológica natural de organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc.), principalmente microorganismos. También se emplean los términos biocorrección y biorrestauración. En contraste con esta definición amplia, es frecuente que por biorremediación sólo se entiendan los procesos llevados a

cabo por microorganismos, y que si hay participación de plantas en el proceso se hable de fitorremediación.

Esta estrategia de recuperación depende de las actividades catabólicas de los organismos y, por tanto, de su capacidad para usar los contaminantes como alimento (fuente de C y energía). El proceso de biorremediación incluye, además de biodegradación de los contaminantes, reacciones de óxido-reducción, procesos de sorción e intercambio iónico, e incluso reacciones de quelación que provocan la inmovilización de metales.

La biodegradación será más o menos fácil y rápida según qué microorganismos se hallen presentes y de una serie de factores (temperatura, pH, concentración de nutrientes, etc.) y, por tanto, la biodegradabilidad no sólo depende de la sustancia, sí que algunas características de composición y estructura molecular facilitan un mayor grado de degradabilidad. En principio, serán más biodegradables las sustancias con moléculas que:

- ✓ Sean de menor peso molecular (o tamaño de molécula)
- ✓ Tengan cadenas poco ramificadas (las ramificaciones ocasionan impedimentos estéricos)
- ✓ Sean poco insaturadas (pocos enlaces múltiples)
- ✓ Incluyan pocos anillos aromáticos.

A pesar de lo mencionado en relación con el peso molecular, se comprueba que los hidrocarburos de menos de 9-10 C son poco degradables, en parte por su mayor volatilidad que les hace escapar del medio, en parte por

resultar tóxicos para bastantes microorganismos. El número óptimo de átomos de C para la biodegradación se puede considerar que está entre 10 y 20.

Además, favorecen la biodegradabilidad grupos funcionales como: alcohol, amino, carbonilo o carboxilo, mientras que disminuyen la biodegradabilidad grupos funcionales como: halógenos, ácido sulfónico (que aporta mayor resistencia que los halógenos), éter, nitro o nitrilo, así como los C cuaternarios y los N trisustituidos. La degradación de compuestos con N o S habitualmente está ligada a su utilización como fuente de dichos nutrientes.

La experiencia muestra que, aunque es frecuente hablar de sustancias persistentes, refractarias o recalcitrantes, la gran mayoría de las sustancias orgánicas pueden ser biodegradadas por algunos microorganismos, en condiciones adecuadas y plazos de tiempo suficientes.

Los estudios indican que la degradación en condiciones naturales difiere notablemente de la que se produce en laboratorio en condiciones optimizadas y controladas. Esto ha ocasionado fracasos en práctica de la biorremediación.

Los procesos que tienen lugar durante la biorremediación ocurren naturalmente sin intervención tecnológica alguna: es lo que se denomina biorremediación pasiva, intrínseca o atenuación natural. Pero cuando se aborda un proyecto de biorrecuperación interesa alcanzar los objetivos de limpieza (más o menos exigentes) en plazos lo más breves que sea posible. Para ello se interviene aplicando soluciones tecnológicas diversas para activar el proceso: biorremediación activa.

Una de las técnicas más usadas se denomina bioestimulación, responde a la idea de “aplicar biorremediación, pero creando condiciones”. (Mulas, R. 2008). Es decir, intentar que se alcancen las condiciones para que la biodegradación transcurra de forma idónea. En la presente investigación se desea aplicar esta técnica que consiste en estimular a los microorganismos autóctonos de un ambiente natural por medio de la adición de nutrientes y otros aditivos, de humedad y la aireación del sistema para así mejorar la eliminación de los contaminantes.

En el pasado, los desechos se eliminaban tradicionalmente excavando un agujero y rellenándolo con material de desecho. Este modo de eliminación de residuos era difícil de mantener debido a la falta de lugar cada vez menos disponible para colocar los desechos. Nuevas tecnologías para la eliminación de residuos que utilizan incineración a alta temperatura y la descomposición química (por ejemplo; la dechloración catalizada por base, la oxidación UV), han evolucionado. Estas pueden ser muy eficaces en la reducción de la gama más amplia de contaminantes, sin embargo, al mismo tiempo, tienen varios inconvenientes. Estos métodos son complejos, antieconómico, y carecen de la aceptación del público. Las deficiencias asociadas a estos métodos se han centrado en los esfuerzos hacia el aprovechamiento del proceso de biorremediación de hoy en día como una alternativa adecuada.

La desintoxicación de compuestos orgánicos peligrosos, por varias bacterias y hongos a través de acoplamiento oxidativo, está mediada con enzimas oxidorreductasas. Los microbios extraen la energía a través de las

reacciones bioquímicas que libera energía mediadas por estas enzimas para escindir los enlaces químicos y para ayudar a la transferencia de electrones a partir de un sustrato orgánico reducido (donante) a otro compuesto químico (aceptor). Durante tales reacciones de oxidación-reducción, los contaminantes se oxidan a finalmente inofensivos compuestos.

Por ejemplo; las oxidorreductasas pueden desintoxicar xenobióticos tóxicos, tales como compuestos fenólicos, a través de la polimerización, copolimerización con otros sustratos, o la unión a las sustancias húmicas. Las enzimas microbianas han sido explotadas en la decoloración y la degradación de los colorantes azoicos. Muchas bacterias reducen los metales radiactivos de una forma soluble oxidado a una forma insoluble reducida. Durante el proceso de producción de energía, la bacteria toma electrones de compuestos orgánicos y utiliza al metal radiactivo como aceptor final de electrones. Algunas de las especies bacterianas son capaces de reducir los metales radiactivos indirectamente con la ayuda de un donador de electrones intermedio. Finalmente precipitante puede ser visto como el resultado de las reacciones redox dentro de las bacterias reductoras de metal. (Chandrakant, S. Karigar y Shwetha, S. Rao., 2011).

La utilización de la capacidad de degradación de los microorganismos es la base fundamental de los tratamientos biológicos de contaminaciones orgánicas. En consecuencia, el conocimiento de las características fisiológicas y bioquímicas así como de la ecología y genética de las especies o consorcios microbianos involucrados, es un requisito esencial, junto con el conocimiento de

la naturaleza del emplazamiento y la elección de un protocolo adecuado, para lograr el objetivo de dichos tratamientos. Por ejemplo; Los hongos basidiomicetos ligninolíticos producen un conjunto de enzimas extracelulares para metabolizar la lignina que les confieren, asimismo, la capacidad de degradar un amplio abanico de contaminantes.

El resultado final de un tratamiento de biodegradación depende en gran medida de la toxicidad y la concentración inicial de los contaminantes, su biodegradabilidad, las propiedades del medio contaminado y el sistema de tratamiento seleccionado. Los contaminantes tratados habitualmente por estos métodos son los compuestos orgánicos volátiles y semivolátiles no halogenados y los derivados del petróleo. Cuando la contaminación incluye altas concentraciones de metales, compuestos orgánicos con alta proporción de cloro o sales inorgánicas, la eficacia del tratamiento se reduce debido a la toxicidad microbológica de estos compuestos. Aunque el esfuerzo social y las políticas en materia ambiental deben continuar por la vía de la presión al sector industrial para que se reduzca la producción de residuos peligrosos, la biotecnología ofrece buenas perspectivas para descontaminar los efluentes industriales. Los microorganismos pueden ser modificados para producir principalmente determinadas enzimas que contribuyan a metabolizar los compuestos producidos como consecuencia de la actividad industrial y que son tóxicos para otras formas de vida. Incluso, se pueden diseñar rutas metabólicas alternativas para la biodegradación de residuos complejos. Puesto que el tratamiento de residuos es

una actividad industrial establecida, la genética y la enzimología podrían unirse a la experiencia de la ingeniería en este campo.

Como es evidente, el proceso biológico para tratar los compuestos tóxicos, debe competir con los métodos existentes en términos de economía y eficiencia. Los procesos biológicos tienen las ventajas de requerir inversiones de capital moderadas, bajo consumo de energía, ser ambientalmente seguros y no generar residuos. En los últimos años, se han creado una serie de empresas para desarrollar y comercializar las tecnologías de biodegradación. La existencia de estas compañías se justifica desde el punto de vista económico por el aumento del coste de los tratamientos tradicionales y del rechazo social a los mismos, así como por el endurecimiento de las normativas en materia de residuos y medioambiente. El desarrollo futuro de las técnicas de recuperación biológica de espacios contaminados, requiere la adecuada integración de microbiología molecular e ingeniería de sistemas. (Martín, C., González, A. y Blanco, M., 2004)

La biorremediación. Fundamentos y metodologías.

La degradación microbiana constituye el principal proceso de descontaminación natural (Prince, R., 1993). Este proceso se puede acelerar y/o mejorar mediante la aplicación de tecnologías de biorremediación. (Alexander, M. 1999).

Por lo tanto la biorremediación se puede definir como un proceso biológico en donde diversos microorganismos degradan diferentes

contaminantes hasta compuestos menos o nada tóxicos presentes en suelo, agua o aire; trabajando de manera individual o coordinadamente dentro de un consorcio microbiano. Su ámbito de aplicabilidad es muy amplio, pudiendo considerarse como objeto cada uno de los estados de la materia. (Atlas y Unterman., 1999):

- ✓ Sólido: con aplicaciones sobre medios contaminados como suelos o sedimentos, o bien directamente en los dos, residuos, etc.
- ✓ Líquido: aguas residuales, aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Gases: emisiones industriales, así como productos derivados del tratamiento de aguas o suelos.

También se puede realizar una clasificación en función de los contaminantes con los que se puede trabajar (Alexander, M. 1999; Eweis et al, 1999):

- ✓ Hidrocarburos de todo tipo (alifáticos, aromáticos, BTEX, PAHs, etc).
- ✓ Hidrocarburos clorados (PCBs, TCE, PCE, pesticidas, herbicidas, etc).
- ✓ Compuestos nitroaromáticos (TNT y otros).
- ✓ Metales pesados: estos no se metabolizan por los microorganismos de manera apreciable, pero pueden ser inmovilizados o precipitados.
- ✓ Otros contaminantes: compuestos organofosforados, cianuros, fenoles, etc.

Las primeras técnicas que se aplicaron fueron similares al "landfarming" ('labranza'); creándose las primeras patentes, fundamentalmente para remediación de vertidos de gasolina en la época de los años 70, mientras que en

la década de los 80 se generalizó el uso del aire y peróxidos para suministrar oxígeno a las zonas contaminadas mejorando la eficiencia de los procesos degradativos. Durante los años 90 el desarrollo de las técnicas de "air sparging" (burbujeo de oxígeno) hizo posible la biorremediación en zonas por debajo del nivel freático. Al mismo tiempo, la implementación en la práctica de aproximaciones experimentales en el laboratorio permitió el tratamiento de hidrocarburos clorados, los primeros intentos con metales pesados, y el trabajo en ambientes anaerobios, entre otros. Paralelamente, se desarrollaron métodos de ingeniería que mejoraron los rendimientos de las técnicas más populares para suelos contaminados ("landfarming", "composting", etc.) (Riser-Roberts, E., 1998).

Sin embargo, hoy en día se utilizan tres tipos de biorremediación y esto depende de la forma de interacción del microorganismo con el entorno y el contaminante. A continuación se explican los tipos de biorremediación:

1.- **Bioestimulación:** consiste en la introducción de modificaciones en el medio, mediante el aporte de nutrientes, aireación y otros procesos ("biostimulation" o "enhanced bioremediation"). En ocasiones será suficiente añadir oxígeno mediante aireación, aunque en otros se podría requerir la adición de nutrientes o ajustes de pH. En todo caso, estas aproximaciones son válidas siempre y cuando los microorganismos autóctonos sean capaces de degradar el contaminante tras un proceso más o menos largo de aclimatación previa.

En lo que se refiere a la adición de nutrientes, la biorremediación requiere que estos entren en contacto con el área impregnada por el contaminante y que su concentración sea suficiente para soportar el crecimiento máximo previsto de la población degradada en el transcurso de las operaciones de remediación.

2.- **Bioaumentación:** consiste en la introducción de microorganismos aclimatados o incluso modificados genéticamente en el medio, con el fin de mejorar la biodegradación (Walter, 1997; Atlas y Unterman, 1999). Esta técnica funciona en condiciones de laboratorio o biorreactor, pero en ambientes externos (suelo, agua) su implantación depende de una serie de factores. (Alexander, M 1999):

- ✓ El tamaño de la población de microorganismos degradadores crece rápidamente como respuesta a la contaminación del medio y es muy difícil, incrementar la población microbiana más allá de esos valores.
- ✓ La capacidad de carga de muchos ambientes viene determinada por factores tales como la presencia de toxinas, nutrientes y condiciones ambientales, movilidad y/o distribución de los microorganismos y la presencia de abundante materia orgánica.
- ✓ Los microorganismos añadidos deben sobrevivir a los depredadores y competir con éxito con la población autóctona antes de ocupar los nichos potenciales.

En general, los ambientes más selectivos y la utilización de consorcios microbianos favorecen la bioaumentación.

Existen en el mercado productos comerciales, ensayados en el laboratorio, que reúnen microorganismos con gran potencial biodegradador. (Korda et al, 1997). Sin embargo, la reintroducción de microorganismos indígenas, aislados del sitio contaminado y cultivados posteriormente, es más efectiva, especialmente cuando se acompañan de un suplemento nutricional y oxígeno. Por otro lado, es probable que el desarrollo de microorganismos manipulados genéticamente (MMG) (Timmis y Pieper, 1999; De Lorenzo, 2001) pueda en el futuro permitir abordar con éxito la degradación a escala real de compuestos que por sus características químicas son resistentes. Esta aproximación incluye también la ampliación de la capacidad degradativa de una bacteria frente a distintos compuestos, así como el incremento de las tasas de degradación. No obstante, los problemas de persistencia de cepas modificadas en el ambiente y los aspectos legales relacionados con la liberación de MMG, hacen esta solución no factible a corto plazo.

3.- Biorremediación intrínseca o atenuación natural: es un proceso donde los compuestos orgánicos son degradados como fuente de carbono por los microorganismos autóctonos, principalmente bacterias del medio afectado (Rosenberg y Ron, 1996). La capacidad intrínseca de asimilación de un medio depende de las habilidades metabólicas de los microorganismos nativos, del tipo de contaminante y de la geoquímica e hidrogeología de la zona afectada.

En condiciones ideales, estos contaminantes se transformarían en compuestos químicos más simples, no peligrosos para los posibles receptores ni para el medio; sin embargo existen muchos factores que pueden limitar o impedir la atenuación natural en un medio contaminado; (King, R. 1997), como por ejemplo: carencia de nutrientes esenciales para los microorganismos (por ejemplo, nitrógeno y/o fósforo); ausencia de aceptores adecuados de electrones (generalmente oxígeno); inexistencia de condiciones medioambientales apropiadas (pH, potencial redox, humedad, temperatura); ausencia de poblaciones microbianas con el potencial enzimático adecuado necesario para degradar los contaminantes o presencia de componentes tóxicos en la mezcla contaminante (Gallego et al, 2001).

Mecanismos fisiológicos y enzimas requeridas para la biodegradación.

Rutas metabólicas.

La capacidad para degradar una determinada sustancia depende de los biocatalizadores (enzimas) de que disponga el microorganismo. Teniendo en cuenta que toda la capacidad enzimática potencial de una célula se encuentra codificada en su DNA, y sólo está será activa al entrar en contacto con el entorno. (Wunsche et al, 1995).

Habitualmente, un microorganismo es capaz de metabolizar un contaminante o un pequeño grupo de ellos. Para la degradación completa en caso de mezclas complejas, resulta necesaria la participación de diversos tipos de

microorganismos, para entre todos disponer de enzimas útiles para la degradación. (Wunsche et al, 1995).

Enzimas implicadas en la biodegradación de hidrocarburos

El recorrido, catalizado por las enzimas microbianas a través de los diversos subproductos, se conoce como ruta de degradación o “pathway”. En cualquier caso, los procesos suelen tener lugar mediante una gran variedad de interacciones biogeoquímicas entre los componentes del suelo, el agua, los microorganismos y los contaminantes (Gallego et al, 2001). Existen muchos tipos de enzimas implicadas en la biodegradación de hidrocarburos y los organismos que las poseen se han clasificado en:

Bacterias hidrocarbonoclásticas:

Son verdaderos especialistas en degradar hidrocarburos (no metabolizan ni azúcares, ni aminoácidos ni otras fuentes de carbono habituales). Destacan los géneros *Alcanivorax* (especializados en degradar alcanos) y *Cycloclasticus* (asimila sólo hidrocarburos aromáticos). En ambos casos se trata de bacterias marinas que están presentes en pequeñas proporciones en el agua de mar pero que llegan a ser predominantes en aguas contaminadas con petróleo. Se piensa que en aguas no contaminadas se alimentan de los hidrocarburos producidos por algas y otros organismos marinos. (Glazer y Nikaido, 1994).

Degradadores aeróbicos de hidrocarburos:

- Degradación de alcanos: en la inmensa mayoría de los casos, los microorganismos metabolizan los alcanos transformándolos en ácidos grasos mediante la oxidación progresiva de uno de los grupos metilo terminal. La enzima clave es la alcano hidroxilasa (monooxigenasa), que incorpora un grupo alcohol en dicho carbono (a partir de O₂, incorpora un átomo de oxígeno en un átomo de C, y el otro átomo de O es reducido a agua), (Glazer y Nikaido, 1994).
- Degradación de compuestos aromáticos: los anillos aromáticos son químicamente muy estables debido a su peculiar estructura en la que los electrones de los orbitales p están compartidos entre todos los carbonos del anillo. Sin embargo, algunos microorganismos han desarrollado estrategias para desestabilizar dicha estructura electrónica y romper el anillo. Básicamente el proceso consiste en la introducción de uno o dos grupos –OH mediante monooxigenasas o dioxigenasas. La estructura resultante es menos estable (ahora presenta dos dobles enlaces permanentes en vez de los tres oscilantes previos) y es atacada por una segunda dioxigenasa que abre el anillo y genera un compuesto que puede ser metabolizado mediante el ciclo de de Krebs. Hay dioxigenasas que abren el anillo en la posición orto y otras que lo hacen en la posición meta (Glazer y Nikaido, 1994).

Con frecuencia las enzimas de rutas de degradación de compuestos orgánicos tienen una especificidad relajada y pueden actuar sobre una cierta variedad de sustratos. Un ejemplo claro es la ruta de biodegradación de tolueno

y xileno codificada en el operón tol del plásmido pWW0 de *Pseudomonas putida*. Esta ruta, muy bien caracterizada, permite a la bacteria asimilar como fuente de C: tolueno, m-xileno, p-xileno, 1,2,4,-trimetil-benceno, 3-etil-tolueno, benzoato, 3-metil-benzoato, 4-metil-benzoato, 3,4-dimetil-benzoato y 3-etil-benzoato. La ruta “superior” (upper) conlleva la oxidación de un grupo metilo a ácido (como en los alcanos) y empieza con una oxigenasa. A continuación sigue una ruta meta u orto (Glazer y Nikaido, 1994)

Tabla I: Enzimas codificadas por los genes del plásmido TOL.

Gen	Enzimas
<i>Parte inicial de la ruta</i>	
xylA	Xileno oxigenasa
xylB	Bencil alcohol deshidrogenasa
xylC	Benzaldehído deshidrogenasa
<i>Parte final de la ruta</i>	
XylX,Y,Z	Tolulato dioxigenasa
xylE	Catecol 2,3-dioxigenasa
xylF	2-Hidroximucónico semialdehído hidrolasa
xylG	2-Hidroximucónico semialdehído deshidrogenasa
xylH	4-Oxalocrotonato tautomerasa
xylI	4-Oxalocrotonato descarboxilasa
xylJ	2-Oxopenta-4 enoato hidratasa
xylK	2-Oxo-4-hidroxipentenoato aldolasa
xylL	Dihidroxiciclohexadieno carboxilato deshidrogenasa
xylR	Proteína reguladora
xylS	Proteína reguladora

Fuente: Glazer and Nikaido, 1994.

Degradadores anaeróbicos de hidrocarburos

Se conocen bastantes microorganismos capaces de degradar anaeróbicamente hidrocarburos, si bien las rutas no están totalmente caracterizadas. Estas rutas tienen mucha importancia en el ciclo del carbono. La degradación anaeróbica es un proceso más lento que la aeróbica. Además de otras estrategias para las oxidaciones iniciales, requieren aceptores finales de electrones distintos del oxígeno: menos energía, es decir, velocidad de crecimiento (y de asimilación) más lenta. (Glazer y Nikaido, 1994).

✓ Degradación de alcanos: se ha visto en dos bacterias, una sulfatorreductora y una desnitrificante. Al parecer el mecanismo de activación del alcano implica la adición de una molécula de fumarato, de modo que se forma un diácido que probablemente es metabolizado por la vía de oxidación de los ácidos grasos. Evidentemente pueden existir rutas diferentes (Glazer y Nikaido, 1994).

✓ Degradación de compuestos aromáticos: las rutas mejor caracterizadas, como la del tolueno de diversas bacterias sulfatorreductoras y desnitrificantes, también implican la adición de un fumarato al tolueno, seguido de la activación con el CoA. Tras una serie de pasos adicionales se forma una molécula de benzoil-CoA que ya es susceptible de perder la aromaticidad mediante procesos de reducción que eliminan dos de los tres dobles enlaces de la molécula. Por supuesto existen otras rutas para otros compuestos aromáticos.

Cabe destacar que los plásmidos catabólicos relacionados con la degradación de hidrocarburos fueron los primeros que se descubrieron (plásmidos SAL y OCT

en 1972-73, por el grupo del Dr. Chakrabarty) y dieron luz a la posibilidad de la transmisión horizontal de rutas catabólicas. Además, están relacionados con la primera patente que se hizo de un ser vivo y que sin duda tuvo que ver con el desarrollo de la biotecnología a nivel industrial. La patente de Chakrabarty se basó en la construcción de una estirpe de *Pseudomonas* que portaba 4 plásmidos con distintas rutas metabólicas para la degradación de diversos componentes del petróleo (Glazer y Nikaido, 1994).

Mecanismos fisiológicos

Dentro de los mecanismos fisiológicos más importante se encuentran:

✓ Contacto microorganismo-sustrato: el contacto es necesario para que se produzca la degradación. En función de diferentes factores, el contacto puede generar el paso a través de la membrana de las moléculas del sustrato o bien, en el caso de sustancias que por su tamaño u otras características no puedan entrar en la célula, la liberación de enzimas exocelulares que degradarán en mayor o menor medida el sustrato, generando metabolitos intermedios que sí puedan penetrar en el organismo (Fernández, R., 2009).

✓ Paso a través de la membrana: como bien se sabe, las paredes celulares son rígidas con una membrana lipídica y las sustancias han de estar en disolución para que sea posible su entrada a la célula. Las moléculas de grandes dimensiones han de ser degradadas, al menos parcialmente, por la acción de enzimas exocelulares para poder penetrar al interior y ser asimiladas. Aquellas moléculas que permanezcan sin solubilizarse serán altamente persistentes. La

membrana es hidrófoba, con lo que resulta poco permeable a compuestos polares. (Fernández R., 2009).

Existen dos mecanismos generales de paso de sustancias por la membrana:

✓ Difusión simple o transporte pasivo: moléculas no polares y de tamaño relativamente pequeño podrán atravesar la membrana a favor del gradiente de concentración hasta alcanzar un equilibrio entre las concentraciones externa e interna.

✓ Transporte facilitado o activo: las moléculas pasan la membrana en un proceso mediado por portadores, que son proteínas especializadas. Existe transporte sin consumo energético, que como mucho puede igualar las concentraciones de los dos lados de la membrana, y transporte con consumo de energía, que puede introducir moléculas contra el gradiente de concentración, es decir, concentrar la sustancia en el interior. Este caso, dada la especificidad de los portadores, presenta una cinética análoga a las cinéticas enzimáticas, con una velocidad máxima de transporte, lo que puede condicionar la cinética global de la degradación. (Fernández R., 2009).

Rutas metabólicas

El metabolismo consiste en series complejas de reacciones bioquímicas acopladas que llevan por un lado a la síntesis de biomasa o nuevo material celular (anabolismo) y por otro a la mineralización (conversión en CO₂ y agua) del sustrato, con producción de la energía (ATP) y el poder reductor (NAPDH)

que son necesarios para la síntesis mencionada (catabolismo). Por tanto, una parte del sustrato se mineraliza y otra se biotransforma Fernández R., (2009).

La complementación de las actividades metabólicas se lleva a cabo mediante relaciones de cometabolismo y/o sintrofismo. El cometabolismo implica, el metabolismo "gratuito" (es decir, no útil para el crecimiento u obtención de energía) de un sustrato secundario (compuesto contaminante) por enzimas que requieren otro sustrato primario diferente, el cual proporciona la energía y/o los cofactores reductores necesarios. Ambas actividades enzimáticas pueden ser diferentes y el resultado es, en teoría, la acumulación de productos de reacción a partir del contaminante. En la práctica, la existencia de otros microorganismos hace factible la degradación posterior de esos productos mediante reacciones sintróficas y, en última instancia, su mineralización (descartando la posibilidad, a tener en cuenta, de que dichos productos sean tóxicos, y/o persistentes) (Alexander, M. 1999; Wackett y Hershberger, 2001).

Por otro lado, el sintrofismo implica la acción concertada de diferentes microorganismos sobre un sustrato, mediante la combinación de sus actividades metabólicas, lo que permite su degradación. Se comprende entonces la importancia de las poblaciones mixtas para la degradación más efectiva de los contaminantes orgánicos. Esta acción concertada puede implicar el intercambio o puesta en común de requerimientos nutritivos, de factores de crecimiento o de enzimas relacionados con la utilización de sustratos. Un requisito para esta cooperación es la proximidad física de las distintas especies participantes.

(Mishra et al., 2001; Vasudevan y Rajaram, 2001; Potter y Duval, 2001; Rahman et al, 2002; Vinas et al, 2005).

Reactor biológico

Un SBR consiste en un sistema de tratamiento de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de tratamiento llevada a cabo en ciclos de llenado, tratamiento y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son los mismos de un proceso típico de lodos activados. En ambos ocurren la aireación, mezcla, reacción, sedimentación-clarificación, con la diferencia que en el proceso de lodos activados los procesos se llevan a cabo en tanques separados y en un sistema SBR, el tratamiento ocurre secuencialmente en el mismo tanque. (Dautan R., Perez M., 1998).

Funcionamiento del reactor SBR

El proceso de los reactores discontinuos es una variación del sistema de lodos activados. En contraste con el sistema continuo, el agua residual es introducida al reactor en un tiempo definido previamente. La degradación bioquímica de los contaminantes y la separación posterior de la biomasa se llevan a cabo en el mismo tanque. Las fases del proceso son secuenciales y se repiten en forma periódica. Para lograr el almacenamiento de los fosfatos, la degradación del material orgánico en forma de DBO y la nitrificación, el contenido del tanque se oxigena a través de aireación.(Dautan R., Perez M., 1998).

Función De Los Microorganismos.

Para proyectar correctamente un sistema de lodos activados con las debidas garantías de buen funcionamiento, es necesario comprender la importancia de los microorganismos dentro del sistema, estos microorganismos tienen un papel importante en estos sistemas porque son los encargados de descomponer la materia orgánica en el reactor y parte de esas bacterias del tipo facultativas o aeróbicas se encargarán de tomar energía y sintetizar el resto de la materia orgánica y transformarla en nuevas células. En este proceso solo una porción del residuo original es oxidado a compuestos de bajo contenido energético, tales como el: NO_3 ; SO_4 ; CO_2 ; el resto es transformado a tejido celular. (Dautan R., Perez M., 1998).

Un modelo cinético microbiano se compone de balances de materia, al menos de la biomasa y del sustrato primario que limita la velocidad de crecimiento de ésta. Considérese un biorreactor con volumen (V) que recibe un flujo que con una concentración (S_0) de un sustrato orgánico y suficientes nutrientes inorgánicos, de modo que la fracción orgánica sea vuelve el sustrato limitante. La concentración del sustrato de entrada, al igual que el pH, temperatura y otras condiciones ambientales se consideran constantes.

Dentro del reactor, la biomasa heterotrófica (X) utiliza el sustrato como su fuente de alimento, de tal forma que el crecimiento de la biomasa se refleja en la reducción en la concentración de sustrato (S). Para describir la dinámica del reactor, las ecuaciones del equilibrio global se deben representar en función del

balance de masa de cada uno de los constituyentes de importancia. Lo anterior se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Variación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Producción} - \text{Consumo} - \text{Dilución}$$

Ec.1

Si utilizamos (C_a) para representar la concentración de la masa del constituyente A en el reactor, la ecuación del equilibrio es:

$$\left(\frac{dC_a}{dt}\right) * V = Q * C_{ao} - Q_w * C_a + r_a * V \quad \text{Ec. 2}$$

Para convertir la ecuación de equilibrio másico en función de la concentración de los constituyentes, utilizamos la relación de densidad y tomando en cuenta que el reactor opera en modo fedbatch (*i.e.* no existe flujo de salida), la ecuación quedaría de la siguiente forma:

$$\frac{dC_a}{dt} = \frac{Q}{V} (C_{ao} - C_a) + r_a \quad \text{Ec. 3}$$

Para el sistema bajo estudio, se considera que el reactor recibe un substrato S_1 , el cual es consumido por la biomasa X . La biomasa produce metabolitos intermediarios S_2 , los cuales utiliza como substrato, una vez que la concentración de S_1 se vuelve un factor limitante.

Las tasas de crecimiento microbiano, así como de consumo de substratos y de producción de metabolitos intermediarios se consideran proporcionales a la concentración de X en el reactor. Por lo tanto, para cada uno de los constituyentes (X , S_1 y S_2) se considera:

Para S_1 : $A_o = S_0, r_A = q_{S1} (S_1, S_2) X$

Para X : $A_o = X_0, r_A = \mu (S_1, S_2) X$

Para S2: $Ao = 0, rA = [V * S2(S1, S2) - qS2(S1, S2)] X$

Para completar las ecuaciones, deben proporcionarse expresiones para el crecimiento de la biomasa y el consumo de sustrato. Una vez seleccionado el modelo más apropiado, deben determinarse los valores de las constantes cinéticas. Tal determinación puede ser experimental, o bien mediante un algoritmo basado en técnicas no lineales de ajuste por mínimos cuadrados. (Ramírez, 2005).

Modelo de Monod:

La relación más frecuentemente utilizada para representar la cinética de crecimiento microbiano es la llamada ecuación de Monod. Esta expresión relaciona la velocidad específica de crecimiento de los microorganismos (μ) con la concentración de un sustrato limitante (S),

$$\mu = \left(\frac{dX}{X dt} \right) = \frac{\mu_{max} * S}{Ks + S} \quad Ec. 4$$

Donde:

μ = Velocidad específica de crecimiento microbiano [h-1]

X = Concentración de biomasa [g/l]

t = Tiempo [h]

μ_{max} = Velocidad específica máxima de crecimiento microbiano [h-1]

S = Concentración de sustrato limitante del crecimiento [g/l]

Ks = Constante de afinidad o de saturación media [g/l]

La ecuación de Monod proporciona una transición suave desde una relación de primer orden respecto a bajas concentraciones de S a una relación de orden cero a concentraciones elevadas. Dado que a altas concentraciones de sustrato la velocidad de crecimiento se aproxima a un máximo, a la expresión de Monod también se le conoce como función de saturación. El valor de K_s representa la afinidad microbiana por el sustrato orgánico que soporta el crecimiento; así, los valores reducidos de K_s indican que los microorganismos necesitan una concentración reducida de dicho sustrato para alcanzar la velocidad máxima de crecimiento, por lo que su afinidad es elevada (Ramírez, 2005).

Proceso de Aireación Extendida

Este proceso se llama también tratamiento “a baja tasa”, ya que los niveles de carga de los lodos son muy bajos, entre 0,05 y 0,15 (kg. de DBO/kg. de sólidos de lodo por día), y la carga volumétrica, V_s de la planta está alrededor de 0,25 kg. de DBO /m – día. El tiempo de residencia de los lodos es muy prolongado, hasta 30 días, de manera que los lodos están muy dentro de las fases de respiración endógena, donde la descomposición de los lodos excede el crecimiento de los mismos. Así que, a pesar de que la proporción de la DBO no es mucho mayor que en los procesos convencionales, la tasa neta de producción de lodos es mucho más baja. El largo tiempo de residencia de los lodos y la baja carga de éstos implican una baja actividad de lodos. Se usan tiempos largos de retención, de uno o dos días, para producir una reducción del 90 % o más del % DBO de las aguas residuales. (Dautan R., Perez M., 1998).

CAPITULO III

MARCO METODOLOGÍCO

3.1.- METODOLOGÍA

La biodegradación de un desecho peligroso tiene como objetivo principal la minimización de los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, la presente investigación es experimental, de acuerdo con lo descrito por, Canales, F., Alvarado, E., Pineda, E. (Eds.). (1994). “La investigación experimental: Es un procedimiento metodológico en el cual un grupo de individuos o conglomerados son divididos en forma aleatoria en grupos de estudio y control y son analizados con respecto a un factor o medida que el investigador introduce para estudiar y evaluar“.

El trabajo se desarrolla a nivel proyectivo de acuerdo con lo señalado por; Ramirez, T., (1999) “Intenta proponer soluciones a una situación determinada, implica explorar, describir, explicar y proponer alternativas de cambio y no necesariamente ejecutar la propuesta” pretende proponer biotecnologías para lograr la disminución de las características de peligrosidad de un desecho peligroso generado en una fábrica de pinturas. Por lo que la población son todos los desechos generados por reactores químicos que producen resinas alquídicas TOFA, la muestra está constituida por los desechos generados y almacenados por la fábrica manufacturera de pintura.

La primera etapa del procedimiento consiste en la identificación del desecho peligroso mediante la caracterización fisicoquímica y la determinación

de la peligrosidad de las muestras, posteriormente se estudiará la viabilidad de biotratamiento y determinarán las condiciones más favorables para el crecimiento de microorganismos degradadores.

Posteriormente se plantea el diseño de un reactor biológico a nivel de campo para procesar el desecho peligroso.

3.2.-MUESTRAS DE ESTUDIO.

3.2.1.- Origen del desecho peligroso.

Desecho peligroso es identificado en el proceso como agua de reacción; provenientes de diferentes lotes de fabricación de resina alquídica. La empresa genera 200 Kg por cada lote de resina alquídica fabricado (desde agosto del 2015 a Julio 2017), existe una cantidad total de 4260 Kg de dicho desecho peligroso generado, no existe hasta el momento técnica para la disposición final del desecho peligroso por lo que es dispuestos temporalmente en un almacén de desechos peligrosos dentro de la fábrica de pintura.

3.2.2.- Origen de las cepas bacterianas.

Para la realización de la viabilidad bacteriana, se emplearon cepas nativas y exógenas que son capaces de emplear el desecho peligroso como fuente de carbono. Las cepas nativas fueron aisladas del desecho y las cepas exógenas (pool bacteriano IQ) fueron suministradas por una empresa que genera desechos similares y que posee un sistema de tratamiento fisicoquímico y microbiológico (PTAR) para sus desechos generados. Para el mantenimiento de

pool bacteriano, se utilizó agua del reactor biológico de la PTAR. Los análisis microbiológicos y el reactor piloto, fueron ejecutados en el Centro de Investigación Microbiológicas Aplicadas (CIMAUC) adscrita a la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad de Carabobo.

3.2.3- Toma de muestra para la caracterización fisicoquímica del desecho peligroso.

Se llevó a cabo un proceso de toma de muestras con la finalidad de realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del desecho peligroso, agua de reacción. Para la captación se utilizó la guía descrita en la Norma COVENIN (Comité Venezolano de Normas Industriales) 2709:2002 (1era revisión): Norma Venezolana para la Captación de Aguas Naturales, Industriales y Residuales. Se captó una muestra compuesta, correspondiente al desecho líquido peligroso almacenado en cuatro tambores plásticos verdes de 180 litros; ubicados en el sector techado del depósito de desechos peligrosos, dentro de las instalaciones de la fábrica de pinturas. El plan de muestreo incluyó la captación de alícuotas similares de cada tambor, con un captador de muestras de acero inoxidable, y almacenarlas para su composición en una muestra única en una garrafa plástica de 1 galón de capacidad. Posterior a completar dicha garrafa y previamente agitando la muestra, fueron repartidas y selladas en cada uno de los envases dispuestos para los análisis requeridos. Dichas muestras fueron tomadas por personal del laboratorio de la Universidad Simón Bolívar, unidad de Gestión Ambiental, Laboratorio de Desechos tóxicos Registro ambiental MINEA N° 01-034. (Ver en apéndice A, cadena de custodia y minuta de campo)

3.3.- CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA PARCIAL DEL DESECHO PELIGROSO.

Con el fin de conocer las características fisicoquímicas del desecho y clasificarlo como peligroso o no según normas establecidas en Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos. (Gaceta Oficial Extraordinaria No 5245 del 3 de agosto de 1998) el decreto 2.635, se determinaron los parámetros que se mencionan en la tabla II. Dicha muestra fue analizada en el laboratorio de la Universidad Simón Bolívar, unidad de Gestión Ambiental, Laboratorio de Desechos tóxicos Registro ambiental MINEA N° 01-034.

Tabla II. Parámetros a analizados en la muestra de desecho.

Muestra	Parámetro	Metodología
Desecho (fase acuosa)	DBO _{5,20°C}	SMEWW 5210 D
Desecho (fase acuosa)	DQO	SMEWW 5220 B
Desecho (fase acuosa+orgánica) (H ₂ S y HCN)	Reactividad	COVENIN 3440/1.99 (*)
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Inflamabilidad	SW846-1010 (**)
Desecho +lámina de acero	Corrosividad	SW846-1110 ^a
Desecho (fase acuosa+orgánica)	pH	SMEWW 4500 A (***)
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Nitrógeno total	SMEWW 4500 NH ₃
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Sulfato	SMEWW 4500. SO ₄ =
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Sulfuro	SMEWW 4500E
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Fenoles	USEPA SW846- 8041
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Fósforo Total	USEPA SW846- 200.15
Desecho (fase acuosa+orgánica)	Sólidos suspendidos	SMEWW 2540 D

(*): COVENIN: Comité Venezolano de Normas Industriales

(**): USEPA SW846: United States Environmental Protection Agency, SW846. "Test Methods for Evaluating Solid Waste". Up Date 2017

(***): SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF. 20th Edition 2.002.

(****): ASTM, American Society for Testing and Materials

EQUIPOS UTILIZADOS

- ✓ pH meter marca Methrom Herisau, modelo E588.
- ✓ pH meter de campo: Marca Hanna. Medidor de conductividad, temperatura y pH.
- ✓ Espectrómetro de emisión atómica por plasma inducido de argón (ICP) marca GBC. modelo Integra XL 2000.
- ✓ Cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard, modelo 5790, con detectores de llama (GC-FID), de masa (GC-MS) y de Conductividad Térmica (GC-TC).
- ✓ Espectrómetro UV-Visible, marca Hewlett Packard, modelo HP-8452-A con arreglo de diodos.
- ✓ Flash Point Tester Copa Abierta
- ✓ Balanzas micro analíticas marca Ohaus
- ✓ Material de vidrio convencional para labores analíticas.

3.4.- PLAN DE MANEJO DEL DESECHO PELIGROSO: CARÁCTER TÉCNICO Y OPERACIONAL.

3.4.1.- Descripción de las actividades que se desarrollan en las áreas involucradas desde el proceso del producto de interés hasta la identificación de los puntos de generación del desecho peligroso.

Se realizó un esquema donde se describe el proceso de fabricación de la resina alquídica (producto de interés de la empresa), el flujo de la generación del desecho peligroso y se indicó la cantidad y posible composición química materiales manejados en el proceso.

3.4.2.- Detalle de los procedimientos internos desde su solicitud hasta el almacenaje del desecho peligroso.

En este ítem, se definieron los procedimientos internos a seguir para solicitar, manipular, recoger, transportar, embalar, etiquetar y almacenar el

desecho peligroso generado en el proceso de fabricación de la resina alquídica. Todos estos pasos se siguieron aplicando las normas de manipulación correctas y en función de las características intrínsecas del desecho, además de las restricciones propias de las áreas operacionales.

3.4.3.- Elaboración del Plan de contingencia.

En este punto se elaboró de manera esquemática una guía de instrucciones en caso de que ocurran derrames del desecho peligroso en el momento del traslado, manipulación, almacenaje u otro tipo de eventualidad.

3.4.4.- Adiestramiento del personal

Se elaboró formato donde se refleja la caracterización del desecho peligroso para capacitación del personal y disponibilidad de las características peligrosas del desecho, ante cualquier situación de emergencia o riesgo. Toda la información recopilada fue expuesta al personal involucrado en las actividades relacionadas al desecho peligroso. (Ver apéndice B)

3.4.5.- Alternativas de minimización de desechos peligrosos.

En este punto de interés, se revisan las alternativas desde el punto de vista técnico y operacional para la minimización del desecho peligroso.

3.5.- PRUEBA PILOTO DEL BIOTRATAMIENTO DEL DESECHO PELIGROSO (REACTOR BIOLÓGICO).

Con el fin de proponer el biotratamiento del desecho peligroso como una de las alternativas viables para el manejo del mismo, se realizaron algunos ensayos de interés para elaborar el diseño y posibles condiciones óptimas de operatividad del reactor y así obtener un sistema adecuado a nivel de campo.

3.5.1.- Toma de muestra para la caracterización microbiológica del desecho peligroso.

Para caracterizar microbiológicamente el desecho y para posteriores ensayos de viabilidad, la captación de la muestra se realizó de la siguiente manera: se tomaron varias porciones del desecho (AR) con diferentes características físicas y tiempo de almacenamiento, obteniéndose al final cinco tipos de muestras compuestas denominadas de la siguiente manera: muestra A, B, D, E y G. Cada muestra fue trasladada en envases de plásticos (previamente esterilizados con alcohol) de 1L de capacidad, debidamente cerradas trasladadas al CIMAUC. Luego las mismas fueron almacenadas a temperatura ambiente y bajo campana de extracción de gases para la realización de los análisis posteriores

3.5.2.- Viabilidad bacteriana.

3.5.2.1.- Viabilidad bacteriana endógena

Se prepararon tres sistemas o cultivos (fiolas de 50mL de capacidad) para cada muestra (3 sistemas para A, 3 sistemas para B, y así sucesivamente; para un total de 15 sistemas), los cuales, cada uno contenían 20mL de desecho peligroso (AR) como única fuente de carbono a diferentes porcentajes de dilución: 100% v/v; 50% v/v y 1% v/v respectivamente (se utilizó agua estéril para las diluciones). A cada una de los fiolas se les agregó 0,2 g de $N_{15}P_{15}K_{15}$ y sin ajustar el pH, luego se colocó a cada una un tapón de gasa estéril. Seguidamente, los sistemas se incubaron a temperatura ambiente durante cinco días y en aerobiosis. Diariamente se inspeccionaron los mismos para observar turbidez en los medios preparados (posible crecimiento bacteriano). Al obtener resultado positivo indicaría la existencia de microorganismos nativos o endógenos del desecho (AR).

Para corroborar la presencia de los microorganismos, al quinto día de incubación, se tomaron alícuotas mediante asadas de los cultivos y se estriaron en placas Petri con agar nutritivo, para luego incubarlos a temperatura ambiente por 48h y en aerobiosis. Se constató la presencia de los microorganismos a través de aparición de colonias bacterianas distribuidas en la superficie de agar. Como sistema control, se incubó adicionalmente una placa Petri con agar nutritivo estriada con agua estéril para descartar posible contaminación externa en las mismas.

3.5.2.2.- Viabilidad bacteriana exógena.

En esta fase experimental, se prepararon sistemas de cultivos tal como se indicó en el ítem anterior (sección 3.5.2.1), con la diferencia de que a cada dilución preparada se le agregaron alícuotas apropiadas de un pool bacteriano denominado IQ previamente crecidas en el laboratorio. Éste pool bacteriano estaba conformado por cepas bacterianas que degradan compuestos similares a este tipo de desecho a biotratar. Igualmente, para corroborar la viabilidad, se observó turbidez en el medio y posteriormente se tomaron alícuotas para estriar en placas Petri con agar nutritivo en donde luego de 48h de incubación, las colonias bacterianas crecidas en la superficie del agar indicaron la presencia de los microorganismos exógenos en los sistemas de cultivos empleados.

3.5.3.- Caracterización macro y micromorfológica de los microorganismos detectados.

Una vez observados las colonias bacterianas en la superficie del agar, se describieron las características macroscópicas, tomando en cuenta el tamaño, forma de la colonia y color. También se emplearon medios de cultivo de agar Mac Conkey y agar Cetrimide para estimar parcialmente el tipo de microorganismo (solo género) detectado en las placas con agar nutritivo.

En cuanto a las características microscópicas, a cada colonia se realizaron tinción de Gram, el cual consistió en transferir a las láminas portaobjetos las colonias bacterianas obtenidas en el agar y se fijaron en la lámina durante un (1) minuto flameándolo en el mechero. Posteriormente se agregó cristal violeta (1

min), luego se agregó lugol (1min) y seguidamente acetona (10 s) para luego teñirlas con fucsina básica (2min). Para cada coloración se realizaron lavados con agua destilada. Después se secaron a temperatura ambiente para observar las células en el microscopio óptico (Leico). Aquellas que se tiñeron de color morado-azul fueron identificadas como bacterias Gram positivas; aquellas que se tiñeron de fucsia-rojiza fueron identificadas como bacterias Gram negativas.

3.5.4.- Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo de incubación.

Este proceso consistió en realizar una prueba piloto a escala de laboratorio. Antes de realizar el reactor piloto, se elaboró una mezcla integrada, el cual consistió en unir todas las muestras captadas, es decir, se unieron la muestra A, B, C, D, E y G para al final obtener una sola; ésta última se denominó M2. En esta muestra M2, se formaron dos fases: fase orgánica y fase acuosa (características intrínsecas del AR).

Una vez conformado el sustrato a emplear como fuente de carbono (M2) se procedió a realizar el montaje del reactor, el cual consistió en lo siguiente: en un frasco de vidrio de 500 mL se añadió 296 ml de cultivo del pool bacteriano conformado por IQ (agua del reactor biológico + el pool bacteriano IQ precrecido por 72horas a temperatura ambiente y en aerobiosis) y las cepas endógenas aisladas en la prueba de viabilidad. Este nuevo consorcio se denominó CX (cepas xileno); 2 ml de la fase orgánica y 2 ml de la fase acuosa de M2 representando una concentración final de 1% v/v de M2 en el reactor;

finalmente se añadió 0,2 g de $N_{15}P_{15}K_{15}$. El reactor se incubó a temperatura ambiente, a $pH=8,6$ y con aireación a un caudal constante de 2L/min, durante un tiempo de 72 horas.

Para elaborar la curva de crecimiento se determinaron los siguientes parámetros:

- ✓ **Carga Bacteriana:** se tomaron diariamente (0h, 24h, 48h y 72h) 1mL de cultivo (reactor piloto), posteriormente se realizaron diluciones (tubos de ensayos con solución salina al 0,85% p/v estéril) por factores de 10 (desde 10^1 hasta 10^5), luego se tomaron 1mL de cada dilución y se colocaron en placas Petri para posteriormente por vertido en placa proceder al conteo de las colonias bacterianas (Madigan y col. 2002). Las placas Petri se incubaron a temperatura ambiente por 48 horas. Al observar colonias bacterianas crecidas dentro del agar, se llevó a cabo el conteo (UFC/mL) en un contador de colonias. La carga bacteriana se realizó por duplicado.
- ✓ **Medición de pH y temperatura:** para la medición de estos parámetros, se tomó diariamente 10mL del cultivo (reactor biológico) y se midió el pH a través de un potenciómetro (Marca Hanna, modelo pH meter240). Adicionalmente se midió la temperatura con un termómetro de mercurio. El pH se reportó en unidades adimensionales y la temperatura se reportó en grados Celsius ($^{\circ}C$).
- ✓ **Medición de demanda química de oxígeno (DQO):** la DQO se midió tomando 2 mL de muestra del cultivo (reactor biológico) a tiempo 0h y

72h de crecimiento bacteriano. La muestra se introdujo en el vial para determinar la DQO, luego se digirió en el termobloque a 180°C por 2 h y posteriormente se introdujo en el equipo HACH DR 2800 para obtener el valor en unidades de mgO₂/L o en ppm (partes por millón).

Una vez obtenidos los parámetros de interés, se procedió a elaborar la curva de crecimiento (carga bacteriana Vs tiempo de incubación) para así analizar su comportamiento en el biotratamiento del desecho peligroso y adicionalmente utilizar estos datos para la propuesta del diseño del reactor biológico a nivel de campo.

3.6. – DISEÑO DE REACTOR BIOLÓGICO SBR.

En función de los resultados obtenidos en el ítem 3.5.4, se propuso el diseño de un reactor biológico tipo SBR para el biotratamiento del desecho peligroso generado en la empresa. Los parámetros de diseño primarios para un sistema SBR se determinaron de la siguiente manera:

a) Carga orgánica (Vs): Este valor representa la razón de utilización del sustrato en Kg/m³ de DBO_{5,20°C} aplicado. El valor de Vs constituye un parámetro de diseño y se usa para determinar el tipo de proceso de lodos activados a usar. Para determinar Vs se usa la expresión siguiente:

$$V_s = \frac{Q * (S_o - S)}{V} \quad Ec.5$$

Donde:

S_o = DBO_{5,20°C} en la alimentación o entrada al sistema y

S = DBO_{5,20°C} a la descarga o salida respectivamente. (mg O₂/L)

V = Volumen del reactor (m^3)

Q = Caudal (L/s)

b) Volumen del reactor (V): Este parámetro permitirá revisar la factibilidad de diseño en campo del reactor biológico. El valor de V_s en la ecuación 5; se asume de acuerdo con lo recomendado en la literatura y se despeja el valor del volumen del reactor en m^3

c) Factor de Carga o Relación Alimento/Microorganismo (F/M o U): Este valor representa la razón los kg/día de DBO_{5,20°C}, por Kg. de sólidos suspendidos en el reactor. El valor de U constituye un parámetro de diseño y al igual que V_s , se usa para determinar el tipo de proceso de lodos activados a usar.

$$\frac{F}{M} = \frac{Q * (S_o - S)}{V * X} = \frac{V_s}{X} \text{ Ec. 6}$$

d) Tiempo de residencia celular medio: Se aplicó el modelo de Monod donde θ es el tiempo empleado por el líquido o efluente en el reactor. Para el sistema de lodos activados completo, el tiempo medio de retención celular, θ_c viene dado como:

$$\theta = \frac{V}{Q} \text{ Ec. 7}$$

$$\theta_c \cong \frac{V}{Q_w} \quad \text{Ec. 8}$$

$$\theta_c = \frac{V * X}{(Q_w * X + (q - Q_w)) * X_e} \quad \text{Ec. 9}$$

Donde:

Q_w = caudal de purga en el reactor. (L/día)

X_e = concentración de microorganismos en el sedimentador. (mg/L)

e) Concentración de microorganismos: En un sistema de lodos activados, en donde su unidad de sedimentación funcione correctamente, la cantidad de células en el efluente es despreciable, por lo tanto la ecuación del balance se muestra a continuación;

Haciendo un balance de masas para los microorganismos en el sistema.

Planteamiento general:

Velocidad de acumulación de = microorganismo	Masa de microorganismo que entran en el sistema	Masa de microorganismo - que salen del sistema	+ Crecimiento neto de microorganismo dentro del sistema
--	--	---	--

Planteamiento simplificado:

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Crecimiento}$$

Representación simbólica .

$$(dX / dt) V = Q X_o - [Q_w X + (Q - Q_w) X_e] + V (r_g)$$

reordenando le expresión queda :

$$\frac{1}{\theta_c} = Y * U - K_d \quad \text{Ec. 10}$$

En combinación con la ecuación de Monod, presentada para el tiempo de retención, se obtendrá la concentración de microorganismos dentro del reactor con la siguiente expresión:

$$X = \frac{Y * Q * \theta_c * (S_0 - S)}{V * (1 - K_d * \theta_c)} \quad \text{Ec. 11}$$

f) Caudal de la producción de lodos (Pl): Este valor representa la cantidad de lodos generados diariamente en el reactor biológico.

$$Pl = \frac{V * X}{\theta_c} \quad \text{Ec. 12}$$

g) Cálculo de la razón de disposición de lodos:

Para la concentración en los lodos de disposición se empleará un valor típico de 5000 mg/L, considerando que el sistema que los lodos en exceso serán extraídos del reactor, una vez cumplido el tiempo de retención adecuado.

$$Q_w = \frac{Pl}{X_r} \quad \text{Ec. 13}$$

h) Cálculo de los requerimientos de oxígeno (RO):

$$RO = \frac{Q * (S_0 - S)}{f} - 1.42 * Pl \quad \text{Ec. 14}$$

Donde “f” es un factor empleada para convertir $DBO_{5,20^\circ C}$ a DBO_u ; este se tomará como 0.70, y del balance aerobio se obtiene la relación 1.42 de (gr O₂/gr células)

i) Cálculo del volumen de aire requerido (At).

Se obtiene el caudal de aire teórico por la siguiente expresión

$$At = \frac{RO}{\rho_{aire} * \%O_2} \text{ Ec. 15}$$

j) Cálculo del aire real requerido(Are):

$$Are = At * \epsilon \text{ Ec. 16}$$

Donde

ϵ es la eficiencia de transferencia de oxígeno, en este caso se utilizó 80%.

k) Cálculo del requerimiento del soplador y difusores (As):

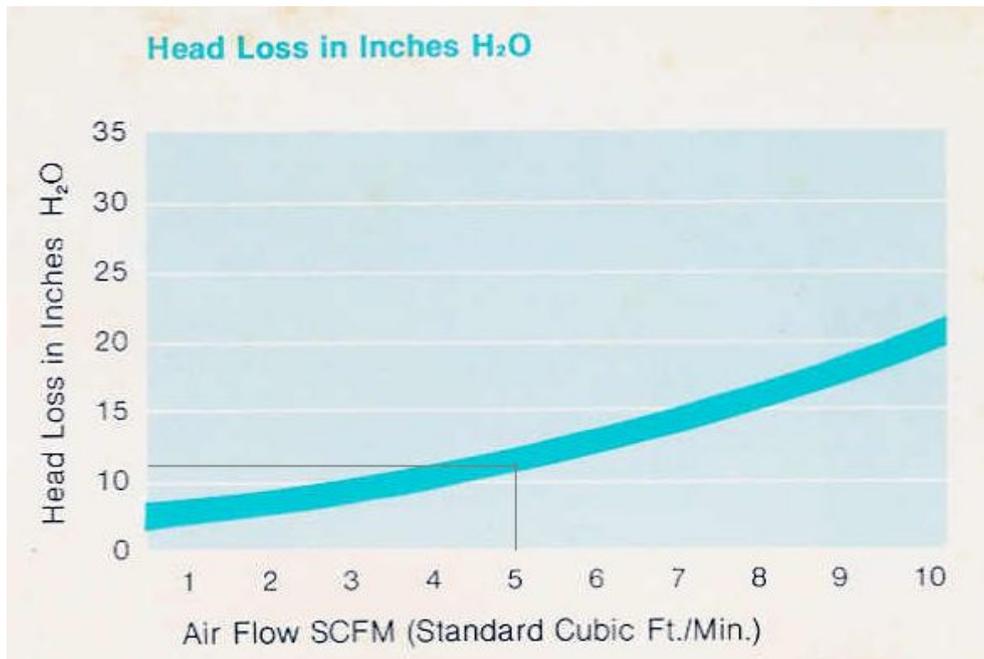
Se considera un factor estándar de f de seguridad de 1.5, de acuerdo con el Metcalf y Eddy de 2.00 con la finalidad de cubrir picos en caudal y concentración, el mismo criterio lo emplea I.N.O.S., en sus Normas de Diseño. Se obtiene As por la siguiente ecuación:

$$As = Are * f \text{ Ec. 17}$$

Se instalará un sistema de sopladores, considerando un flujo a través de cada difusor 5 cfm, se obtiene el número de difusores requerido

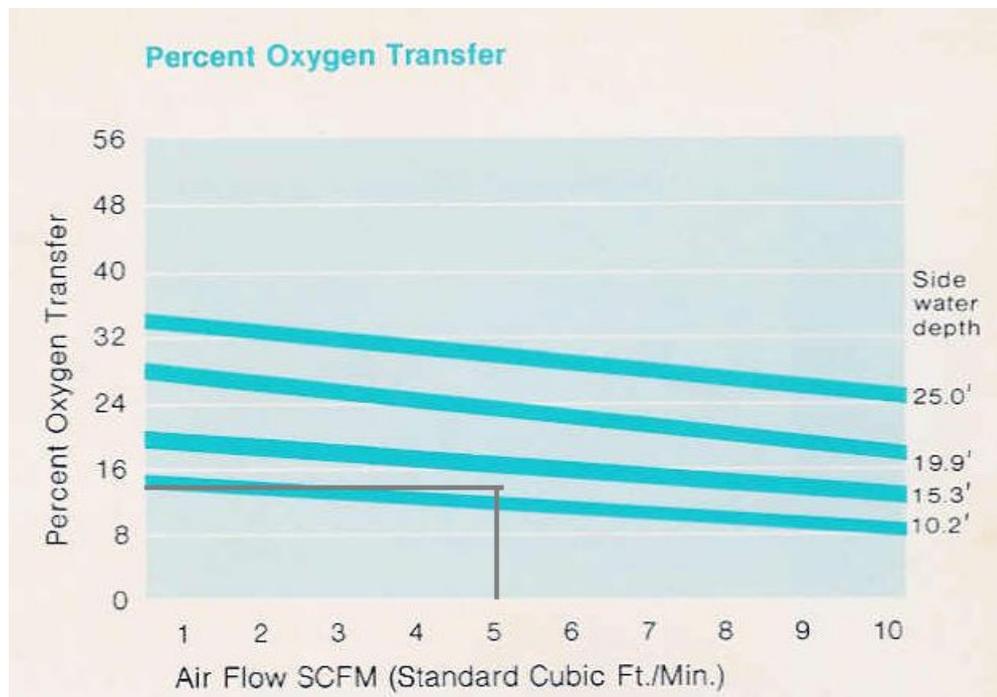
$$N^{\circ} \text{ difusores} = As * cfm \text{ Ec. 18}$$

Del gráfico de caudal vs pérdida se entra con 5cfm y se corta la curva leyéndose una caída de presión de 12 in H₂O. A su vez en el gráfico de caudal vs transferencia de O₂, se obtiene un % de O₂ del 16%, se emplea un valor del 50% del obtenido en el gráfico. Por lo que el % O₂ es 8 y se requiere 1 bajante.



Leyenda: Eje X: flujo de aire en pie cúbicos estándar/ minuto

Eje Y: caída de presión en pulgadas de agua



Leyenda: Eje X: flujo de aire en pie cúbicos estándar/ minuto

Eje Y: porcentaje de oxígeno transferido; a una profundidad de 10.2 pulgadas de agua.

Fuente: apuntes de clases de maestría de Ingeniería Ambiental de curso de tratamiento de aguas. Prof. Rafael Dautant

l) Cálculo de la presión a la descarga del soplador

Columna de agua:

El peso específico del efluente se asume igual al del agua $\gamma=1$, factor de corrección constante factor=2.31, se obtiene P_1 con la siguiente expresión:

$$P_1 = \frac{\gamma * H}{factor} \text{ Ec. 19}$$

Difusor: se obtiene P_2 utilizando un flujo de aire recomendado de 5cfm de acuerdo con el gráfico del fabricante se obtiene H y se repite la ec.14, sustituyendo el valor de H del fabricante, la presión total viene dada por la ecuación:

$$P_t = P_1 + P_2 \text{ Ec. 20}$$

Considerando la fricción más pérdida por accesorios de un 15% Se obtiene P_3

$$P_3 = P_t * 0.15 \text{ Ec. 21}$$

Entonces la presión total será

$$P_{total} = P_t + P_3 \text{ Ec. 22}$$

m) Cálculo de la potencia requerida (P): Para un aireador mecánico de baja velocidad se utiliza un valor de potencia requerida dada por la siguiente ecuación

$$P = 75 \times 10^{-6} * V \text{ Ec. 23}$$

Donde V es el volumen calculado de reactor.

La eficiencia típicamente se encuentra entre 0.60-0.90, en este caso se asume de 0.7, se obtiene la potencia requerida por la siguiente ecuación:

$$P_s = \frac{P}{\text{eficiencia}} \text{ Ec. 24}$$

n) Lechos de secado:

Se obtiene el caudal de lodos anual a partir de los lodos producidos a diario (ver punto g). Cálculo de la razón de disposición de lodos). Se asumen 250 días.

$$P_{\text{anual}} = P_l * 250 \text{ días Ec. 25}$$

Con un % de sólidos de 50% sólidos suspendidos.

$$P_{lf} = P_{\text{anual}} * 0.5 \text{ Ec. 26}$$

Se asuma la carga específica de lodos lámina traslucida cubiertos CES entre 90-190 Kg sst/m²*año. Se obtiene el Área de los lechos por la siguiente ecuación:

$$A_{\text{lechos}} = \frac{P_{lf}}{CES} \text{ Ec. 27}$$

Se define el número de celdas con el área obtenida.

3.7. – ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Se realizó utilizando el método de la matriz de Leopold modificada, tomando en cuenta las actividades de instalación, operación, mantenimiento y abandono del reactor biológico SBR propuesto. El método consiste en un cuadro de doble entrada (matriz). En las columnas se colocan las acciones humanas que pueden alterar el sistema y en las filas las características del medio que pueden ser alteradas.

Cuando se comienza el estudio se tiene la matriz sin rellenar las cuadrículas. Se va mirando una a una las cuadrículas situadas bajo cada acción propuesta y se ve si puede causar impacto en el factor ambiental correspondiente. Si es así, se hace una diagonal. Cuando se ha completado la matriz se vuelve a cada una de las cuadrículas con diagonal y se pone a la izquierda un número de 1 a 10 que indica la magnitud del impacto. 10 la máxima y 1 la mínima (el 0 no vale). Con un + si el impacto es positivo y – si negativo. En la parte inferior derecha se califica de 1 a 10 la importancia del impacto, es decir si es regional o solo local. Posteriormente se discutieron los valores obtenidos en término de magnitud e importancia; para analizar los resultados obtenidos del método. (Ver estudio de impacto ambiental en el apéndice D)

3.8. – INVERSIÓN PARA EL DISEÑO

Se realizó un estudio de costos asociados a la instalación de los equipos propuestos para la operación del reactor biológico mediante esquema se compara la inversión del diseño propuesto versus una técnica de disposición como es la incineración del desecho peligroso; el análisis comparativo de los costos se

realizó comparando cotizaciones de empresas manejadoras de desechos peligroso para la incineración del mismo y empresas que suministran los equipos requeridos para la instalación del reactor biológico, los costos asociados son presentados en dólares al cambio activo para la fecha mayo del 2018, de acuerdo con páginas web. (Ver cotizaciones en Apéndice F).

3.9.- PLANOS DE REACTOR BIOLÓGICO SBR.

Se construyó plano de la ubicación de equipos propuestos para la instalación del reactor biológico, para ello se empleó el software AUTOCAD 2014 en su versión de Español y se utilizó una escala de 1:50. Se emplearon imágenes satelitales de la ubicación de la empresa manufacturera de pinturas descargados por Google Earth (fecha de exploración; 25/01/2017). (Ver Planos en el Apéndice E).

RECURSOS NECESARIOS

La técnica de caracterización se llevó a cabo mediante estudio de peligrosidad del material, DQO, nitrógeno total, fósforo total, sulfatos, corrosividad a la lámina, inflamabilidad, reactividad (cianuros HCN y sulfuros H₂SO₄). En cuanto a la aplicación de las técnicas de biodegradación se deben obtener agares apropiados para cada material a estudiar, en el estudio de los microorganismos se recibió apoyo del Centro de Investigaciones Microbiológicas Aplicadas (CIMA-UC). La empresa comprende la factibilidad y alcance de la biodegradación de los desechos que se estudiarán en esta

investigación por lo que proporcione el financiamiento necesario para el desarrollo de la misma.

RECURSOS HUMANOS

Para la toma de muestras y manipulación de los materiales se requirió de la participación de los operadores autorizados para el manejo de desechos tóxicos y peligrosos del almacén de desechos de fábrica de pinturas, se obtuvo orientación y apoyo de técnicos del laboratorio de calidad de la fábrica de pinturas para los ensayos de peligrosidad. Se involucró el personal de procura para la adquisición de reactivos y otros instrumentos de necesarios.

Se demandó la asistencia técnica del personal CENTRO DE INVESTIGACIONES MICROBIOLÓGICAS APLICADAS (CIMA) de la Universidad de Carabobo.

RECURSOS FINANCIEROS

Se posee información actual del costo de caracterización de peligrosidad de un material incluyendo $DBO_{5,20^{\circ}C}$, DQO, nitrógeno total, fósforo total, sulfatos, corrosividad a la lámina, inflamabilidad, reactividad (cianuros y sulfuros). (Con un laboratorio autorizado por el MINEA para el análisis) se encuentra alrededor de los 80 \$, por muestra.

Por otro lado en este punto, la empresa actualmente emplea altas sumas de dinero para realizar la disposición final de los desechos peligrosos, sobre todo aquellos que tienen más de 5 años y están bajo incumplimiento del decreto

2.635, por lo que la empresa es la más interesada en invertir en este proyecto que a largo plazo planteará beneficios económicos, técnicas de biorremediación ventajosas para la correcta disposición de los desechos y la innovación de disminuir la contaminación ambiental.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos y los análisis correspondientes para la elaboración de la propuesta de biotratamiento de un desecho peligroso generado en el proceso de manufactura de resinas alquídicas en una empresa manufacturera de pintura, con el fin de mitigar y minimizar el impacto negativo que estos desechos líquidos ocasionan al ambiente y poder cumplir con las normas ambientales establecidas en Venezuela.

4.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL DESECHO PELIGROSO

Inicialmente en el proceso de muestreo, las características físicas observadas del desecho (AR) a biotratarse se muestran en la siguiente figura:



Figura N° 1. Características físicas del desecho (AR), muestreo.

Analizando las características físicas del desecho (AR), el mismo estuvo, conformado por dos fases: una acuosa de mayor densidad, el cual, representó el 38% del volumen total, casi incolora, con poca cantidad de sólidos suspendidos, y una fase orgánica de color marrón, de menor densidad (parte superior), representando un 62% del volumen total.

Con el fin de conocer su grado de peligrosidad, y clasificarlo como desecho peligroso o no, se muestran los valores obtenidos en la siguiente tabla:

TABLA III. Resultados de la caracterización de peligrosidad del desecho (AR).

Muestra	Inflamabilidad (°C)	Reactividad (mg/kg) Sulfuro	Reactividad (mg/kg) Cianuro	Corrosividad Método de la lámina de acero (mm/año)	Corrosividad pH
M1	Inflama a 18°C	9	< 1	0,08	3,00
Límites de decreto 2.635(Art.6°).	<i>Es inflamable si la temp. de inflamación es menor a 65,6° C.</i>	NA	NA	<i>Es corrosivo si el valor es mayor a 6,25 mm/año</i>	<i>Es corrosivo si el valor del pH es menor de 2 o mayor de 12,2.</i>
Limites USEPA		<i>Es reactivo si el valor es mayor a 500(*)</i>	<i>Es reactivo si el valor es mayor a 250(*)</i>		

Leyenda: NA: no aplica; (*): Los parámetros Reactividad (cianuro y sulfuro) y Corrosividad, no están normados en el Decreto 2.635. A tal efecto y solo como una referencia, se colocaron los límites establecidos por la USEPA (United States Environmental Protection Agency).

De acuerdo a los resultados mostrados en la tabla III, el desecho (AR) analizado es inflamable a partir de 18°C en presencia de una llama, mas no mostró reactividad hacia la formación de cianuro de hidrógeno (<1mg/kg);

mostró poca reactividad hacia la formación de sulfuro (9mg/kg); cierta corrosividad hacia el acero inoxidable (0,08 mg/kg) y al pH (3,00). Al ser comparado estos valores con los límites establecidos en el decreto 2.635, el desecho es inflamable, más no corrosivo. Según la USEPA, el desecho no es reactivo, ya que éstos últimos están por debajo de lo establecido en la norma internacional, sin embargo, en el decreto 2.635 no tiene establecido un valor referencial.

Según el artículo 8 del decreto 2.635, el desecho analizado está asociado a un nivel de riesgo de clase 3, el cual, menciona que: *“Sólidos o líquidos, combustibles o inflamables solo en presencia de llama, pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total; potencial de dispersión limitado, cantidad transportada que no exceda de 3 toneladas, ni 25 metros cúbicos, con un daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente”*.

Experimentalmente, el desecho peligroso presenta ciertas características irritantes y corrosividad, por lo que se corrobora lo descrito en el artículo mencionado de la norma venezolana. A pesar de que, ésta norma recomienda protección parcial al momento del manejo y disposición, se sugiere al personal de la empresa que incluyan en su plan de manejo, tomar todas las precauciones posibles ante esta condición de inflamabilidad. Aunado a esto, su peligrosidad está también asociada a la toxicidad del mismo (Artículos 5º y 6º del decreto

2.635), dado que, la fase orgánica se encuentra en mayor proporción en el desecho.

Para conocer parcialmente las características químicas del desecho y poder analizar su posible biodegradabilidad, se muestran en la siguiente tabla los valores de los parámetros de interés:

Tabla IV. Resultados de la caracterización parcial fisicoquímica de la fase acuosa del desecho peligroso (AR).

Muestra	DBO _{5,20°C} (mg O ₂ /L)	DQO (mg O ₂ /L)	pH	Nitrógeno Total (N-mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	o- Xileno (mg/L)	m y p- Xilenos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)
Fase acuosa compuesta de aguas de reacción de empresa manufacturera de pintura de fecha 30/05/2017	67	1.606	3,00	5,00	20,5	<0,05	35,90	84,40	10

En el proceso de obtención de resina alquídica TOFA empleado por la empresa manufacturera de pintura, los compuestos como xileno, ácidos polifuncionales (poliácidos) con alcoholes polihídricos (polioles) (entre otros) son utilizados como materia prima, y debido al proceso como tal (variación en la temperatura), es de esperarse que tanto en la fase orgánica como en la acuosa se detecten éstos compuestos (entre ellos el xileno). Es importante destacar que la fase orgánica no fue analizada debido a que el laboratorio encargado de realizar los análisis solo podía caracterizar la fase acuosa del desecho (AR).

Describiendo los resultados mostrados en la tabla IV, la fase acuosa del desecho (AR), mostró una DBO_{5,20°C} relativamente baja (67 ppm) y una DQO alta (1.606 ppm), un pH ácido (3,00 unidades), un contenido bajo de nitrógeno total (5,00 ppm), sulfato (20,5 ppm) y sólidos suspendidos (10 ppm). Adicionalmente, el desecho presentó alta cantidad de xileno y sus derivados (35,90 y 84,40 ppm de o-xileno, m y p-xileno respectivamente). Éste último compuesto, es considerado sustancia peligrosa según el anexo C del decreto 2.635 de la norma venezolana, tal como se muestra descrito en la siguiente tabla:

Tabla V. Compuesto referencial a ser considerado sustancia peligroso.

N° CAS	Sustancia	Sinónimo	Efecto	Cantidad crítica (Kg)
1330-20-7	Xileno (isómeros)	Dimetil Benceno	B	50

En el artículo 5° del decreto se menciona: “ Se considera peligroso todo material o desecho que presente características peligrosas, figure en el Anexo B o contenga cualquiera de las sustancias del Anexo C, indicadas con una X en concentración igual o superior a 50 ppm o cualquiera de las otras sustancias del mismo Anexo en concentración igual o superior a 1.000 ppm ”.

Al comparar los resultados experimentales obtenidos en la muestra del desecho con el anexo C, éste es clasificado como desecho peligroso, ya que está por encima de los límites establecidos por la legislación, en cuanto a la inflamabilidad. En este caso al tratarse de un líquido caracterizado como inflamable es importante tomar en cuenta que los líquidos inflamables se

encienden (se desatan en fuego), y se queman fácilmente en temperaturas de trabajo generalmente normal. Una vez identificada la característica más peligrosa del desecho se puede avanzar en una gestión del mismo.

4.2 PLAN DE MANEJO DEL DESECHO PELIGROSO: CARÁCTER TÉCNICO Y OPERACIONAL.

4.2.1. Descripción de las actividades que se desarrollan en las áreas involucradas desde el proceso del producto de interés hasta la identificación de los puntos de generación del desecho peligroso.

El proceso de obtención para una resina alquídica ramificada TOFA de acuerdo al proceso de fabricación en la industria manufacturera de pintura se muestra en el siguiente diagrama:

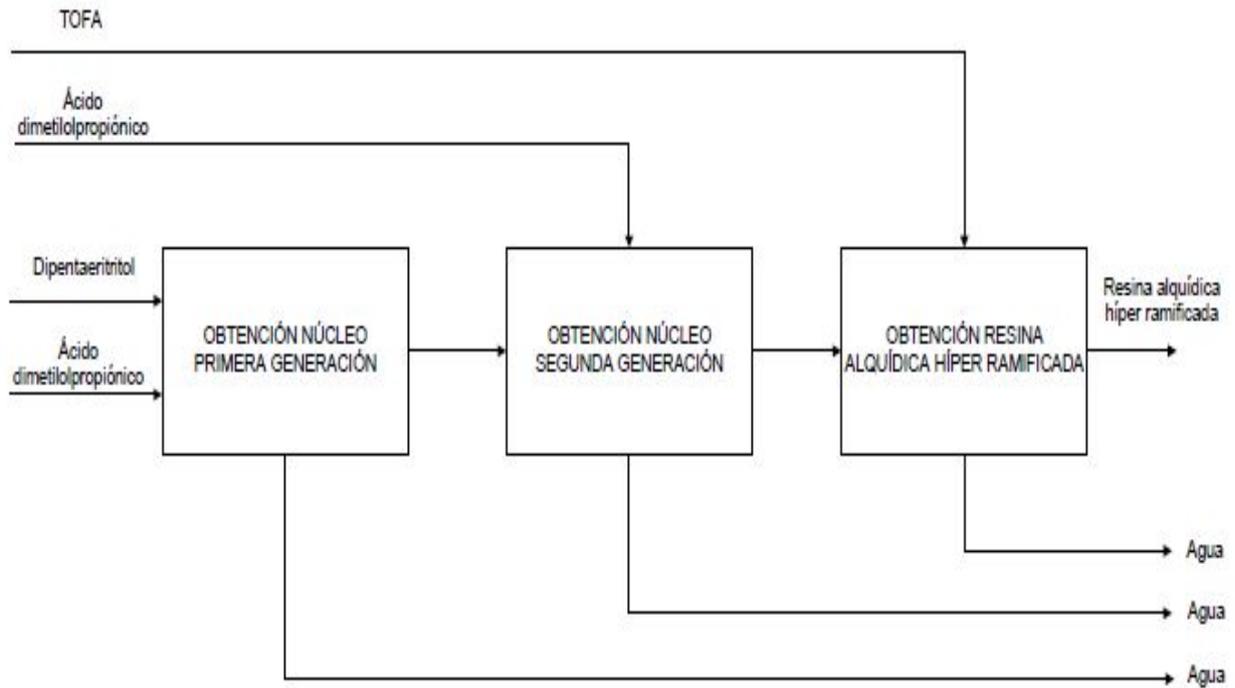


Figura N° 2. Esquema del proceso de manufactura de resina alquídica, generación de desecho peligroso, agua de reacción (AR).

En la figura N° 2 se observan en diagrama de bloques las tres etapas fundamentales de la fabricación de la resina alquídica TOFA en la que se genera el desecho peligroso denominado en el esquema como agua. Las materias primas principales son el dipentaeritriol y el ácido dimetilpropiónico; este último actúa como catalizador en la etapa de la alcoholisis, donde se produce el agua.

A continuación una Representación esquemática del proceso de producción de una resina alquídica convencional a partir de ácido graso de TOFA como se realiza en la industria manufacturera de pintura.

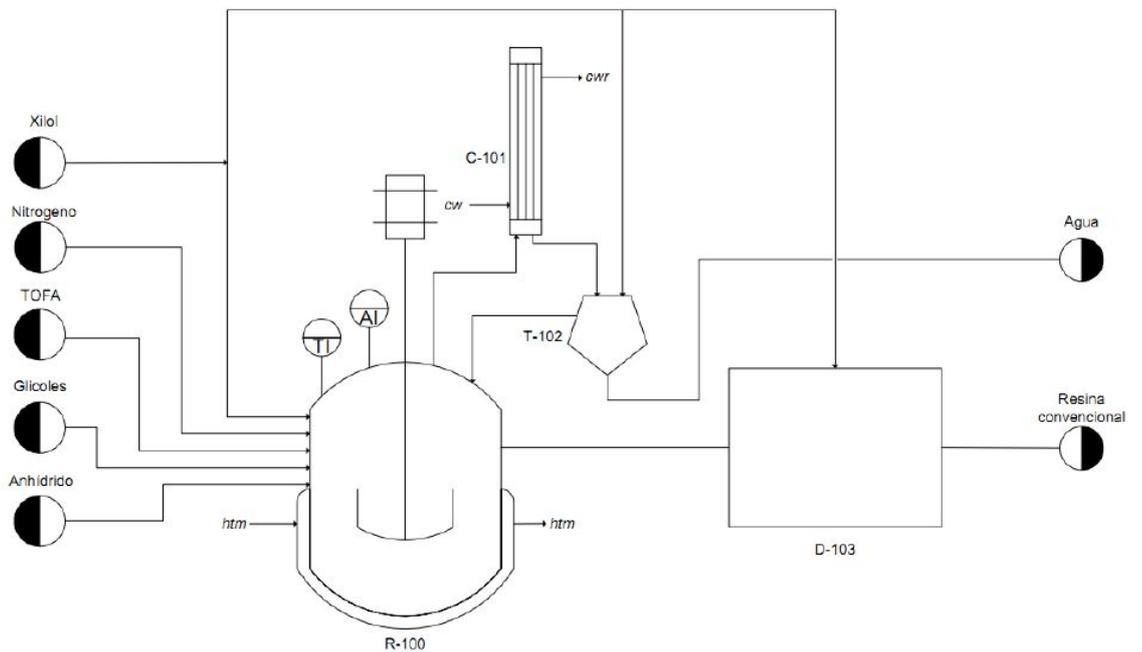


Figura N° 3. Esquema de manufactura de resina alquídica en la industria manufacturera de pinturas.

Equipos:

R-100: Reactor de esterificación con agitador, serpentín interno y chaqueta de calentamiento.

C-101: Condensador

T-102: Tanque de separación.

D-103: Tanque de dilución con agitación y chaqueta.

Accesorios:

TI: Medidor de temperatura y control.

AI: Medidor de acidez.

Servicios:

Htm: Caldera.

Cw: Torre de enfriamiento.

En el proceso de fabricación de dicha resina se generan reacciones de policondensación, alcoholisis y esterificación entre otras, nos enfocaremos en la

etapa de alcoholisis en la que se genera el subproducto agua como se muestra en la siguiente ecuación:

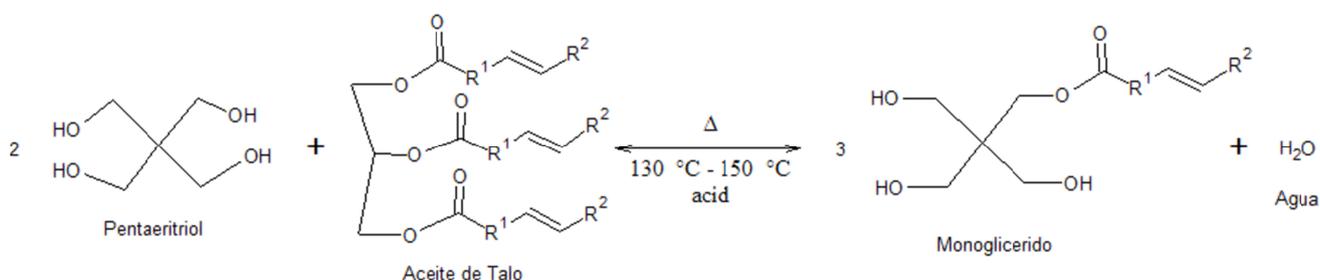


Figura N° 4. Etapa de alcoholisis en el proceso de fabricación de resina alquídica.

El agua generada en esta fase arrastra trazas de solvente; principalmente xileno y sólidos suspendidos compuestos principalmente de monoglicéridos y otras materias primas como el ácido dimetilpropionico y el dipentaeritriol.

Desde finales del año 2015 cuando se inició la fabricación de dicha resina en la empresa manufacturera de pintura se han procesado aproximadamente 20 batch de dicha resina al año 2017. El proceso genera aproximadamente 200 kg de agua de reacción por cada lote de 1000 galones de resina alquídica producido, por lo que se mantiene en el almacén de desechos de la fábrica un stock de 4260 kg de dicho desecho peligroso.

4.2.2. Detalle de los procedimientos internos para solicitar, manipular, recoger, transportar, embalar, etiquetar y almacenar el desecho peligroso.

El área generadora del desecho peligroso se delimita al proceso del reactor; en el que se fabrica la resina alquídica; dicha área posee una restricción

alta por estar clasificada como área clase I, (Lugares donde los Gases Inflamables o Vapores están o pueden estar presentes en el aire en cantidades suficientes para producir una explosión o mezclas inflamables.), división I (es un ambiente que es Generalmente Peligroso) de riesgo de incendios de acuerdo con los fundamentos de Fire Protection Institute© (FPI).

La manipulación del desecho generado la realiza el personal del área del reactor; en el momento de la generación del mismo, durante la fabricación de la resina alquídica; el personal del área recolecta el desecho líquido a la salida del depurador (scrubber) haciendo uso sólo de tambores metálicos, ya que el área posee restricción para la manipulación de envases plásticos, esto debido a que existe un alto riesgo de electricidad estática en la manipulación de polietileno y el área suele tener atmósferas cargadas de vapores orgánicos volátiles, existiendo un alto riesgo de ignición y/o nube de vapor.

Posteriormente el desecho es entregado al personal del área de almacén de desechos y los mismos realizan el trasvasado del líquido a tambores plásticos. Esta medida de transferir el desecho peligroso a tambres plástico; fue tomada luego de presentarse un incidente con derrame del material dentro del almacén de desechos; ocasionado por la corrosión de tambores metálicos que estuvieron en contacto con el desecho.

4.2.2.1. Manejo y flujo del material

El material se solicita bajo una orden de producción que indica el requerimiento de fabricación de resina alquídica en el reactor, las materias primas del proceso son solicitadas con un formato donde se indica:

1. Código del material
2. Cantidad en Kg
3. N° de Lote bajo el cual se registró en el sistema en el momento de su recepción por parte de materia prima.

El equipo de operadores debidamente entrenados recibe la materia prima para la fabricación de resina alquídica y proceden a registrar en la orden de producción los siguientes datos:

1. Lote de Producto.
2. Fecha Recibido.
3. Hora de Recibido.

Este registro se realiza en físico y en un sistema cuyo software registra todas las actividades operacionales realizadas.

Para manipular el material peligroso que conforman las materias primas del proceso se utilizan equipos de protección personal básicos, entre los que se encuentran:

- Botas de seguridad.
- Lentes Protectores de Seguridad
- Overol de tela resistente al fuego
- Guantes de PVA
- Mascarilla Full Face con línea de aire para consumo humano. (la máscara está prevista con pre-filtros y filtros de aire, para protección mientras no se está conectado a la línea de aire)

A continuación se muestra un modelo de la etiqueta con la que el personal debe identificar el desecho peligroso agua de reacción.

1 -Nombre de la compañía.	10 -Área generadora.
2 -Ubicación de la compañía.	11 -Numero de tambor.
3 -Tipo de Desecho.	12 -Kilos neto del desecho.
4 -Código del Desecho.	13 -Mes/Año de Generación.
5 -Código de Seguridad A	14 -Numero de Emergencia.
6 -Nombre del Desecho.	15 Aviso/ Primeros auxilios / En caso de Fuego y Derrame .
7 -Estado Físico. (Líquido/ Sólido/ Semi-Sólido).	16 -Rombo de NFPA.
8 -Numero ONU (2670).	17 -Aviso de Atención y Precaución.
9 -Numero Guía (2670).	

1 Fabrica de Pintura XXX 3 DESECHO PELIGROSO				Ubicación: Av. Eugenio Mendoza, Zona Industrial Carabobo. Edificio central. Tlf (0241) 8130000 2	
4 CÓDIGO: xxx888		CÓDIGO DE SEGURIDAD: S3 5		 <p>16</p> <p>3</p> <p>0</p> <p>2</p> <p>17</p> <p>ATENCIÓN: Aún vacíos pueden contener gases explosivos. No cortar, perforar o soldar cerca del recipiente.</p> <p>PRECAUCIÓN: Este líquido puede causar una irritación temporal de las vías respiratorias.</p> <p>PRIMEROS AUXILIOS: Llamar a los servicios de emergencia, por inhalación de vapores: salga del área cloque línea de oxígeno artificial. En caso de contacto con la sustancia, ejuague inmediatamente la piel o los ojos con agua corriente por lo menos durante 15 min.</p>	
6 NOMBRE: AGUA DE REACCIÓN (RESINA ALQUÍDICA)					
7 Estado físico: LÍQUIDO	8 N° ONU: N/A	9 N° GUÍA: N/A	10 ÁREA GENERADORA: REACTOR		
11 N° tambor: 4/2	12 Peso neto: 200 Kg	13 FECHA DE GENERACIÓN: JULIO 2016			
14 EN CASO DE EMERGENCIA LLAMAR A: 0501555555 PLANTA: 0241 5555555				15 <p>AVISO: este material puede arder, pero no se enciende fácilmente. Los vapores pueden formar mezclas explosivas en el aire. Sus contenedores pueden explotar cuando se calientan. El vapor forma mezcla explosiva con el aire, puede ir a la fuente de ignición y retornar en llamas. Evitar toda fuente de ignición. No exponer al calor. Tener precaución con el manejo de recipientes semillenos o vacíos. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones.</p> <p>EN CASO DE FUEGO: Usar polvos químicos secos, CO2 o rocío de agua. Mueva los contenedores del área de fuego, si lo puede hacer sin ningún riesgo</p> <p>EN CASO DE DERRAME: Eliminar todas las fuentes de ignición. Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas o áreas confinadas.</p>	

Figura N° 5. Etiqueta del desecho peligroso agua de reacción.

El desecho peligroso es etiquetado inicialmente por el personal del área del reactor al realizarse el proceso de fabricación de la resina alquídica en los tambores metálicos; posteriormente el personal del área del almacén de desechos trasegara el material a tambores plásticos y etiqueta de nuevo con las mismas especificaciones indicadas por el área del reactor, siguiendo los datos del modelo en de la etiqueta presentados en la figura N° 5.

Debe ser almacenado en recipientes herméticos resistentes al ataque del producto, correctamente sellado y etiquetado como se muestra en las figuras anteriores, dispuestos en lugares frescos y ventilados. Usar contenedores de plástico. Proteger contra el daño físico y el fuego. Almacenar preferentemente en espacios exteriores o en cabinas estándares en espacios interiores preparados para líquidos inflamables.

Almacenar en tambores plásticos de 200 Kg con sus tapas en buen estado, para cerrar herméticamente. Usar paletas de madera en buen estado, colocar máximo 4 tambores por cada paleta. El espacio donde se colocan los tambores con material peligroso o desecho peligroso debe ser un espacio abierto y ventilado, alejado de zonas de alto tránsito. A continuación se muestra un esquema de cómo se traslada el material dentro de la empresa manufacturera de pintura

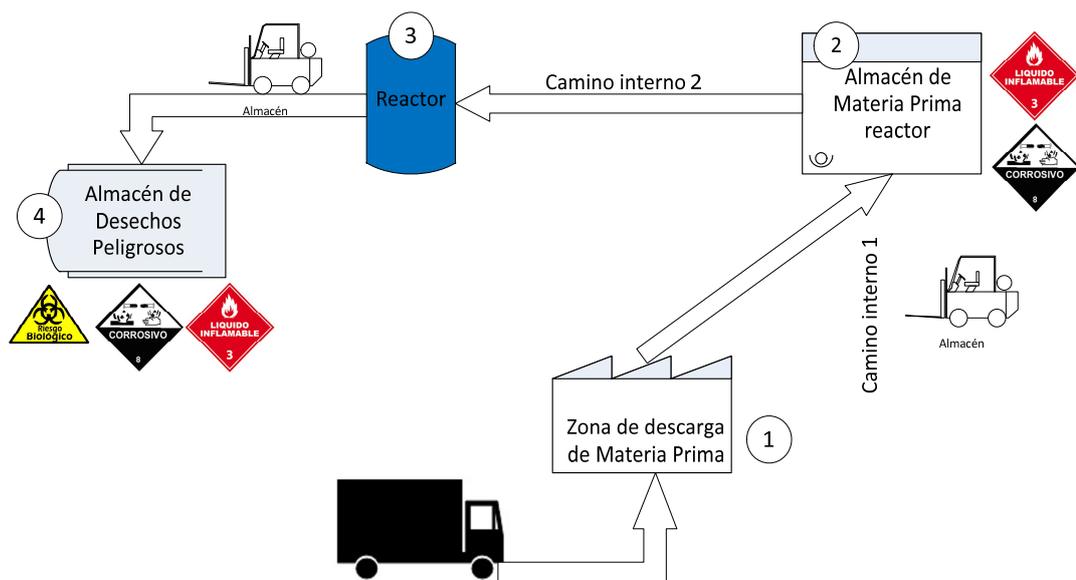


Figura N° 6. Esquema de traslado de desecho peligroso agua de reacción.

El traslado del desecho peligroso se realiza por caminos internos desde el área del reactor al almacén de desechos, utilizando paletas de maderas y montacargas para movilizar el material, el esquema fue presentado al personal de las áreas involucradas durante los entrenamientos correspondientes al manejo, traslado y almacenamiento del desecho peligroso.

4.2.3. Plan de contingencia

Debido a que los empleados tienen la responsabilidad de extinguir los incendios, deben estar capacitados y equipados según establece la norma de la OSHA de cuerpos de bomberos (29 CFR sección 1910 norma 156).

El personal del área del reactor y del almacén de desechos está altamente capacitado para el manejo de líquidos inflamables, explosivos y corrosivos, certificados por la corporación internacional (No se menciona la empresa, por motivos de manejo clasificado de la información), todos están calificados como “manejadores de desechos peligrosos”, de acuerdo con las exigencias del decreto 2.635, además existen alrededor de 5 procedimientos de seguridad que contemplan las posibles fallas, incidentes y señalan detalladamente los riesgos a los que se expone el operador que maneja sustancias peligrosas, el refrescamiento de cada procedimiento se realiza rutinariamente al menos una vez por año, todo el personal posee experiencia superior a los 5 años y un Nivel instructivo igual o superior al técnico Universitario.

A continuación lista de instrucciones generales que el personal debe conocer con respecto al desecho peligroso agua de reacción:

- El desecho peligroso agua de reacción es un LÍQUIDO INFLAMABLE.
- Utilice polvo químico seco, dióxido de carbono, agua rociada o espuma como agente extintor.
- AL INCENDIARSE, SE PRODUCEN GASES TÓXICOS.
- AL INCENDIARSE, LOS RECIPIENTES PUEDEN EXPLOTAR.
- Utilice agua rociada para mantener fríos los recipientes expuestos al incendio.
- Ya que los vapores son más pesados que el aire, pueden viajar una distancia y regresar en llamas o causar un incendio o una explosión lejos de su fuente.

Consideraciones generales en caso de derrame de agua de reacción

- Evacue al personal. Controle e impida el acceso a la zona.
- Elimine todas las fuentes de ignición.
- Absorba los líquidos en vermiculita, arena seca, tierra o material similar y deposítelos en recipientes herméticos para su eliminación.
- Ventile la zona de derrame o fuga.
- NO elimine al alcantarillado los derrames por lavado

En caso de fuga o derrame de desecho peligroso agua de reacción, utilice el siguiente Esquema.

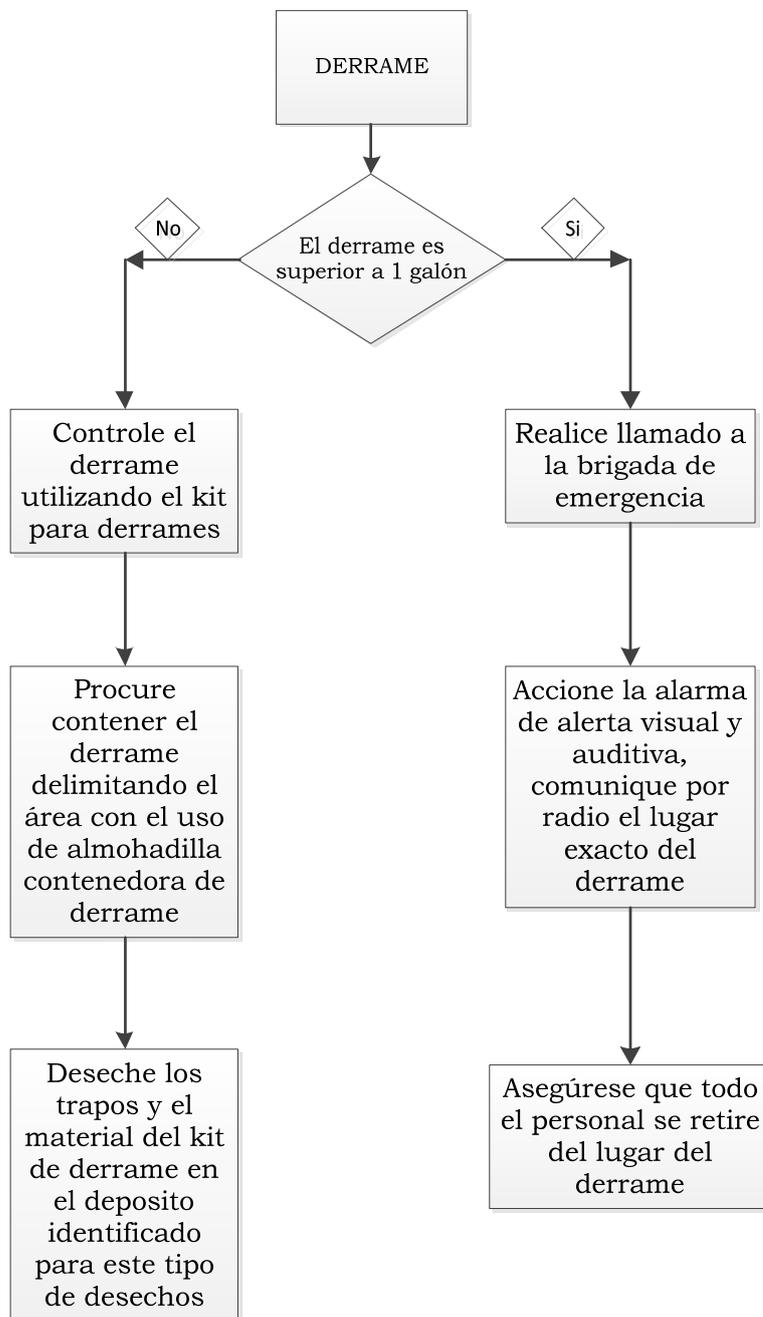


Figura N° 7. Esquema en caso de derrame de desecho peligroso agua de reacción

El personal involucrado en las actividades relaciones con el desecho peligroso; debe conocer el esquema presentado en la figura N° 7, para actuar con

la mayor rapidez en caso de derrame del desecho peligroso. Evitando daños mayores a la salud y el medio ambiente.

4.2.4. Alternativas de minimización de desechos peligrosos.

La minimización de la generación de este desecho peligroso se traduce en minimizar la fabricación de resina alquídica y/o prescindir de su uso lo cual representa un alto impacto en la versatilidad de la cartera de productos manufacturados por la fábrica de pinturas; otra opción viable sería suspender el proceso de fabricación actual reemplazando la resina alquídica fabricada localmente por resina alquídica importada; pero esta opción aumenta el costo de fabricación aumentando el costo del producto final, lo cual es un impacto financiero no conveniente en estos tiempos.

Sin embargo la manufacturera de pintura ha reducido la cantidad de resina alquídica producida sustituyendo la misma en la formulación de algunas pinturas por resinas acrílicas que no generan agua de reacción porque su proceso es totalmente diferente.

4.3. PRUEBA PILOTO DEL BIOTRATAMIENTO DEL DESECHO PELIGROSO (REACTOR BIOLÓGICO).

4.3.1. Viabilidad bacteriana

Después de captar las diferentes porciones del desecho peligroso (AR) para realizar las pruebas de viabilidad y luego realizar el montaje del reactor

piloto a escala de laboratorio, se mencionan a continuación las características físicas de cada una de las muestras captadas (Tabla VI y Figura N° 8):

Tabla VI. Características físicas del desecho peligroso (AR) a biotratar.

Muestra	Olor	Color	pH	Solución
A	Solvente	FO: Marrón-Amarillento. FA: Incolora.	3,12	Orgánico sin partículas. Acuoso con partículas suspendidas.
B	Solvente	Marrón-rojizo	3,32	Orgánico con partículas suspendidas.
D	Solvente Solvente	FA: Incoloro FO: Amarillento	3,12	Acuoso con partículas suspendidas en la interface. Orgánico sin partículas
G	<i>Solvente</i> <i>Solvente</i>	<i>Incoloro</i>	<i>3,57</i>	<i>Orgánico sin partículas suspendidas</i>
E	Solvente	FA: Incoloro FO: Amarillento	3,65	Acuoso con partículas en la interface.Orgánico con partículas suspendidas.



Figura N° 8. Muestras del desecho peligroso captadas para los ensayos de viabilidad y montaje del reactor biológico a escala de laboratorio.

En la tabla VI se describen las características físicas de las muestras en cuanto a olor, color, pH y homogeneidad de la solución. Todas las muestras presentaron olor a solvente, con un pH ácido y tres de ellas (muestra A, D y E) presentaron dos fases inmiscibles: acuosa y orgánica. De esta manera se observa que son diversas las características físicas del desecho cuando son generadas en el momento de la fabricación de la resina alquídica, de manera tal que, no siempre es constante la generación de éstos en cuanto a proporciones de las fases obtenidas (orgánica y acuosa). Por esta razón el sistema de captación y muestreo se realizó tal como se planteó en la metodología descrita en este trabajo.

Esta información es importante, ya que permite visualizar de una manera más clara el método a utilizar para realizar los ensayos de viabilidad bacteriana y evaluar si es posible o no biotratarse de manera conjunta o por separado. De cada muestra se tomaron volúmenes apropiados para la preparación de las diluciones y poder realizar los ensayos de viabilidad endógena. Una vez agregadas las sales correspondientes a cada uno de los sistemas y después del tiempo de incubación de cinco días, los resultados obtenidos se describen en la siguiente tabla

Tabla VII. Prueba de viabilidad bacteriana endógena a diferentes porcentajes de dilución del desecho peligroso (AR).

Porcentaje de dilución % v/v			
Muestra	100%	50%	1%
A	(-)	(-)	(+)
B	(-)	(-)	(-)
D	(-)	(-)	(+)
E	(-)	(-)	(+)
G	(-)	(-)	(-)

Leyenda: (-): no hubo crecimiento. (+): hubo crecimiento.

Nota: Tiempo de incubación cinco días a temperatura ambiente y aerobiosis.

En la tabla VII; se muestran los resultados obtenidos al observar la turbidez en los cultivos preparados a diferentes porcentaje de dilución desde el más puro (100% al más diluido (1%)), en los cuales, no se observó turbidez en los porcentajes de 100% y 50% de dilución del desecho, lo que indica que por su alta concentración de los compuestos que están presentes son tóxicos para los microorganismos, sin embargo en la dilución del 1% solamente la muestra A, D y E mostraron viabilidad bacteriana endógena, lo que indica que a esta concentración del desecho los microorganismos presentes podrían utilizar esta fuente de carbono para su crecimiento y adicionalmente necesitarían el $N_{15}P_{15}K_{15}$ a la concentración establecida para optimizar su desarrollo.

Con la finalidad de corroborar estos resultados, se tomaron alícuotas de cada cultivo y se estriaron en placas Petri con agar nutritivo a las condiciones de

crecimiento previamente establecidas, los resultados obtenidos fueron positivos, donde se confirma que la turbidez visualizada en los sistemas fueron indicativos de crecimiento bacteriano. En la siguiente tabla se muestra los morfotipos bacterianos crecidos en los diferentes medios de cultivo junto con la tinción de Gram:

Tabla VIII. Características morfo típicas de las colonias bacterianas endógenas obtenidas en la prueba de viabilidad.

Muestra	Agar Nutritivo	Gram	McC	Cetr.
A	Colonias blancas de forma irregular algunas tornasol al entrar en contacto con la luz	Bacilos Gram (-) cortos y largos	Colonias traslucidas	Colonias verdosas
B	No creció	*	No creció	No creció
D	Colonias blancas de forma irregular	Bacilos Gram (+)	No creció	No creció
E	Colonias amarillentas de forma irregular	Gram (-) Bacilos	Colonias traslucidas	Colonias verdosas
G	No creció	*	No creció	No creció

Leyenda: **McC:** Agar Mac.Conkey; **Cetr:** Agar Cetrimide; (*): no se realizó la tinción de Gram ya que no hubo crecimiento bacteriano.

Nota: Las bacterias fueron crecidas en placas Petri con agar nutritivo, Mac Conkey y Cetrimide en tiempo de incubación de 48h a temperatura ambiente y en aerobiosis.

En la tabla VIII, se evidencia diferentes morfotipos bacterianos crecidos en los medios de cultivo: agar nutritivo, agar Mac Conkey y agar Cetrimide. En la muestra B y G no se observó crecimiento bacteriano, lo que indica que posiblemente la concentración de los componentes que se encuentran en las muestras son lo suficientemente tóxicos para que crezca algún tipo de microorganismo. En las muestras A, D y E sí hubo crecimiento bacteriano, se observaron diferentes morfotipos de las colonias aislados de los medios de cultivos empleados; en cuanto a tinción de Gram, se identificaron bacterias

Gram (-) para el caso de las bacterias aisladas en las muestras A y E y Gram + para el caso de las cepas detectadas en la muestra D. En el agar Mac Conkey, se detectaron colonias traslucidas, lo que indica que no son cepas del tipo *E. coli* sino otro tipo de bacteria Gram -. En el agar Cetrimide se detectaron colonias bacterianas verdosas, lo cual indica que estas cepas bacterianas posiblemente sean del tipo *Pseudomonas*, ya que el morfotipo de estas colonias son típicas para este género bacteriano.

Para la prueba de viabilidad exógena, se realizó el mismo procedimiento pero empleando cepas IQ (ver la sección 3.5.2.2. de la metodología). Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

Tabla IX. Prueba de viabilidad bacteriana exógena empleando cepas IQ a diferentes porcentajes de dilución del desecho peligroso (AR).

Porcentaje de dilución % v/v			
Muestra	100%	50%	1%
A	(-)	(-)	(+)
B	(-)	(-)	(+)
D	(-)	(-)	(+)
E	(-)	(-)	(+)
G	(-)	(-)	(+)

Leyenda: (-): no hubo crecimiento. (+): hubo crecimiento.

Nota: Tiempo de incubación cinco días a temperatura ambiente y aerobiosis.

En este ensayo de viabilidad, todas las muestras correspondientes a 1% de dilución del desecho mostraron turbidez durante el tiempo de incubación, lo que indica que a este porcentaje de dilución las cepas bacterianas que conforman el pool IQ son capaces de utilizar esta fuente de carbono para desarrollar su crecimiento. De igual manera, se corroboró este resultado tomando alícuota de cada muestra y se estriaron en placas Petri con diferentes agares. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla X. Características morfológicas de las colonias bacterianas exógenas obtenidas en la prueba de viabilidad.

Muestra	Agar Nutritivo	McC	Cetr.	Gram
A	Colonias blancas, borde irregular y estriado	Colonias translucidas	verde claro	Bacilos Gram (-) Bacilos Gram (+)
B	Colonias irregulares, color cremas y blancas circulares	Colonias translucidas	verde claro	Diplococos Gram (+), Bacilos Gram (+) Bacilos Gram (-)
D	Colonias irregulares, color cremas y blancas circulares	Colonias translucidas	verde claro	Diplococos Gram (+) Bacilos Gram (+) Bacilos Gram (-)
E	Colonias blancas, borde irregular y estriadas	Colonias translucidas	No hubo crecimiento	Bacilos Gram (-) Bacilos (+)
G	Colonias blancas irregulares, circulares, colonias color crema circulares.	Colonias translucidas	verde claro	Bacilos Gram (+) Bacilos Gram (+) Bacilos Gram (-) esporulados.

Leyenda: **McC:** agar Mac.Conkey; **Cetr:** Agar Cetrimide.

Nota: Las bacterias fueron crecidas en placas Petri con agar nutritivo, Mac Conkey y Cetrimide en tiempo de incubación de 48h a temperatura ambiente y en aerobiosis.

En la tabla X, se puede observar la descripción de los diferentes morfotipos del pool bacteriano IQ, crecidos en los medios de cultivo: agar nutritivo, agar Mac Conkey y agar Cetrimide; además de la tinción de Gram de

las colonias bacterianas detectadas. Lo que indica que este pool bacteriano es capaz de emplear estas muestras como fuente de carbono para su crecimiento a la concentración de 1%v/v. Al principio del experimento, se percibía el olor a solvente, pero luego de las 48 horas hasta los cinco días de incubación no se detectó ningún tipo de olor. Adicionalmente, las fases inmiscibles se homogenizaron en el tiempo de incubación establecido, lo que confirma que los microorganismos sí lograron biodegradar este desecho peligroso. La homogenización de las fases (acuosa y orgánica) es debido a que las cepas que conforman el pool IQ producen biosurfactantes que ayudan a estabilizar y homogenizar el medio en las que se encuentran, y disminuyendo así el olor característico a solvente. Este resultado es de esperarse, ya que, las cepas IQ son provenientes de un reactor biológico que degradan residuo líquido proveniente de una empresa que produce materiales químicos para la construcción y están adaptadas a consumir este tipo de sustrato.

Existen una gran variedad de bacterias a las que se les puede atribuir su presencia en la degradación del xileno como fuente de carbono, dentro de los géneros de bacterias de importancia en la biorremediación está *Rhodococcus*, que son aerobios, Gram positivos, inmóviles que pueden filamentosas, con una amplia capacidad metabólica, que incluye la presencia de enzimas dioxigenasas y monooxigenasas (enzimas producidas en la ruta de degradación del xileno) que tienen actividad sobre compuestos aromáticos. Estos microorganismos pueden crecer en medios con escasos nutrientes y resisten condiciones ambientales variadas. Las *Pseudomonas sp* representa otro género de interés que utiliza

diversos sustratos como fuente de carbono, entre ellos hidrocarburos del petróleo. Los miembros de este género son bacterias Gram negativas, ubicuas, pertenecientes a las gamma-proteobacterias; producen biosurfactantes, como los ramnolípidos involucrados en procesos de remoción de aceites (Flavio et al., 1999). La *Burkholderia*, un bacilo Gram negativo no fermentador, es otra bacteria de importancia en la remoción de herbicidas, pesticidas recalcitrantes e hidrocarburos aromáticos; también tiene gran capacidad de adaptación y amplia distribución en el ambiente (Svenja et al., 1999).

Estos resultados sugieren que los microorganismos aportados por el pool IQ más los microorganismos endógenos detectados son capaces de utilizar al xileno disponible como única fuente de carbono. Gran parte de estos contaminantes pueden ser mineralizados en CO₂ y H₂O, o en sustancia menos recalcitrantes (Gallego *et al*, 2001), debido a la existencia de una amplia capacidad enzimática de los consorcios aislados, que les permite degradar este tipo de compuesto.

4.3.2. Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo de incubación.

Para estimar las condiciones de crecimiento de las bacterias a emplear en el reactor biológico, las muestras se mezclaron para conformar M2 y el consorcio bacteriano CX como inóculo. A continuación se muestra una figura ilustrativa del proceso de biorremediación del desecho peligroso realizado a escala piloto en el laboratorio:



A



B

Figura N° 9. Montaje del reactor piloto para el biotratamiento del desecho peligroso M2.

Nota: **A:** inicio del proceso de biodegradación ($t=0$ día); **B:** tiempo final del proceso de biodegradación ($t=3$ días).

Al principio del proceso, en cuanto a características físicas del medio de cultivo, se detectó fuerte olor a solvente, y a partir de las 48 horas dicho olor no se percibió; junto a esta evidencia, se observó cambio en la apariencia física del desecho (ver figura N° 9) iniciándose con un color marrón-verdoso a tiempo de cero (0) horas, luego fue aclarando a medida que transcurrió el tiempo de incubación, tornándose éste a una tonalidad más clara. Adicionalmente, se puede apreciar un lodo en el fondo del envase y la turbidez desaparece del cultivo, por lo que se presume que el consorcio bacteriano CX logra degradar el material orgánico disponible.

En función de corroborar este proceso, se determinaron los parámetros que permitieron monitorear de manera cuantitativa este proceso. A continuación se muestra los resultados obtenidos:

Tabla XI. Parámetros de control determinados en la curva de crecimiento de CX en función del tiempo.

Tiempo de incubación (días)	Carga bacteriana (UFC/mL)	pH (adm)	DQO (mg O₂/L)
0	3,50E+04	8,66	2.656
1	2,00E+06	8,44	-
2	1,40E+07	8,33	-
3	1,48E+08	8,40	1.026

Leyenda: UFC/mL: Unidades formadoras de colonia por mililitro de cultivo, (adm): adimensional.

Nota: El sistema se incubó a temperatura ambiente durante 72h (tres días) y en aerobiosis.

El proceso de degradación del desecho peligroso inició con una carga bacteriana de $3,5 \times 10^4$ UFC/mL, a un pH de 8,66 y una DQO de 2.656 mg O₂/L. Luego al transcurrir el tiempo, el pH fue disminuyendo lentamente hasta obtener una variación de 0,30 unidades (pH=8,33), y al tercer día, hubo un ligero ascenso del pH a 8,40. Lo que indica que este parámetro se mantuvo en un rango de 8,66-8,40. Con respecto a la carga bacteriana, la misma fue aumentando de manera exponencial hasta el tercer día de incubación, representando un valor de $1,48 \times 10^8$ UFC/mL.

Con referencia a la DQO, el valor descendió al tercer día de incubación a un valor de 1.026 mg O₂/L, lo que indica una remoción del 61,37 %. Con estos resultados se demuestra que las cepas CX son capaces de degradar el desecho peligroso a las condiciones y concentración del desecho establecida para este ensayo. A continuación se muestra un gráfico que representa la carga bacteriana vs tiempo de incubación, con el fin de visualizar el comportamiento bacteriano obtenido en el reactor biológico:

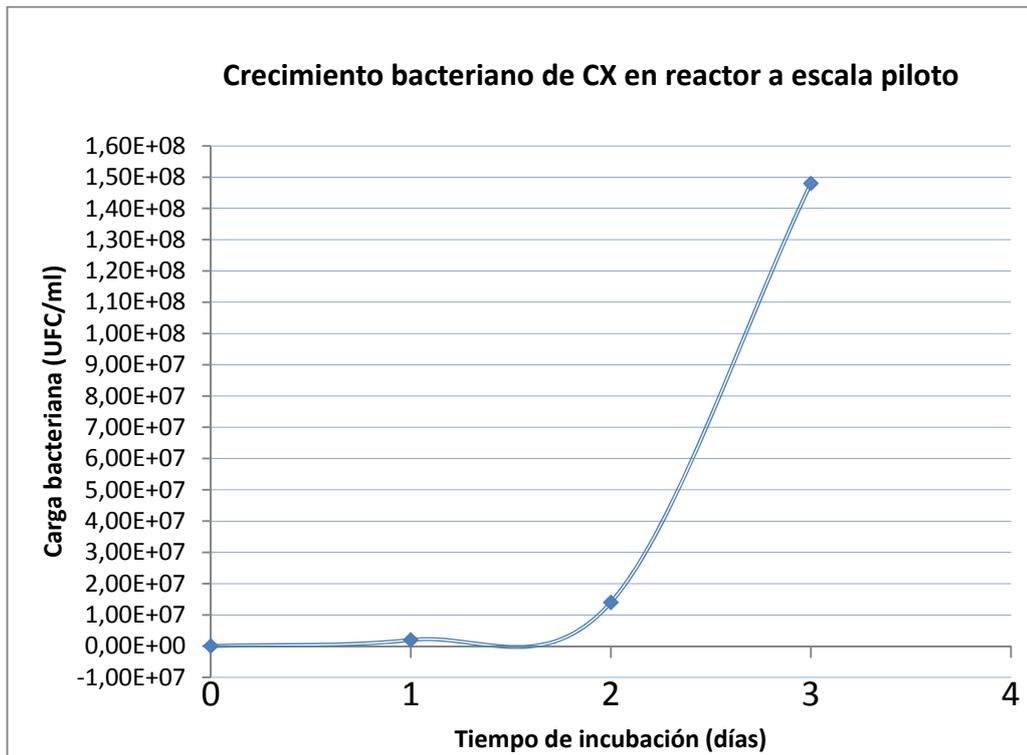


Figura N° 10. Curva de crecimiento bacteriano en función del tiempo

En la figura N° 10; se evidencia el crecimiento del consorcio CX frente a su sustrato (mezcla M2), en el cual, entre el tiempo cero y al primer día de incubación se muestra la fase de adaptación del consorcio, y a partir de este momento comienza la fase exponencial hasta por lo menos el tercer día de incubación. Luego de este tiempo la fase estacionaria y de muerte aún no se observan ya que no se determinaron después de las 72 h de crecimiento.

En términos generales, la velocidad de crecimiento de los microorganismos se encuentra directamente relacionada con el tipo de contaminante con que esté en contacto, y la disponibilidad de nutrientes y condiciones óptimas de crecimiento como lo es la temperatura, pH,

disponibilidad de oxígeno entre otros. En conjunto, forman parte de factores ambientales a los cuales está sujeto el crecimiento microbiano (Prescott, 2002). Con estos resultados, se puede proceder en proponer el diseño del reactor biológico que será empleado a nivel de campo para disminuir los desechos generados en la producción de resinas alquídica de la empresa manufacturera de pintura.

4.4. DISEÑO DE REACTOR BIOLÓGICO SBR.

Se propone el diseño de un reactor biológico discontinuo alimentado (SBR), para biotratamiento del desecho peligroso. A continuación se muestran los resultados obtenidos de acuerdo al modelo de Jaques Monod;

Tabla XII. Datos de entrada para el diseño del reactor SBR

Variable	Valor	Unidades
Q_{máx}	4	L/s
Q_{medio}	2	L/s
DBO_{5,20°C}	67	mg/L
DQO	2656	mg/L
pH	8	

La DBO_{5,20°C} inicial para este diseño será la medida en la caracterización del desecho peligroso por el laboratorio externo UGA, la DQO será el valor medido experimentalmente en el reactor biológico de escala piloto instalado en el laboratorio.

A continuación se muestra una tabla resumen de los parámetros obtenidos del diseño del reactor SBR.

Tabla XIII. Dimensiones para el diseño del reactor biológico SBR.

PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
Caudal medio Q	2	L/s
Volumen V	3,9	m^3
DBO_{5,20°C} entrada	67	mg de O ₂ /L
DBO_{5,20°C} salida	5,3	mg de O ₂ /L
DQO entrada	2656	mg de O ₂ /L
DQO salida	212,5	mg de O ₂ /L
Conc. de microorganismos X	1375	mg/L
Factor de carga U	0,050	$día^{-1}$
Tiempo de residencia θ	5	Días
Caudal de lodos PI	1	Kg/día
Oxígeno requerido	14	Kg/día
Caudal de aire As	25.2	ft^3/min
Nº de difusores	6	(3 en c/tanque)
Soplador	1/4	HP
Bomba de desplazamiento positivo	3/4	HP

Se utilizó un caudal de diseño de 2 L/s para la alimentación del reactor biológico por lo que se propone utilizar una bomba de diafragma 3/4 de HP con una capacidad máxima de caudales de 65 L/min, las conexiones serán NPT de

½ in, se emplearan dos bombas con estas mismas características para que exista un backup disponible en caso de requerirse.

Mediante el tratamiento del desecho peligroso agua de reacción en el reactor biológico diseñado se obtendrá una disminución de DQO desde 2656 a 212,5 mg O₂/L se obtiene una remoción de DBO_{5,20°C}, desde 67 mg deO₂/L hasta 5,3 mg deO₂/L, lo que se traduce en un 92% de eficiencia de remoción dentro del reactor biológico SBR.

El reactor se propone con aireación extendida, de acuerdo con el valor de factor de carga obtenido $U = F/M = 0,050 \text{ día}^{-1}$. (Ver tabla XIV, Apéndice C). Los ciclos de funcionamiento de un reactor SBR deben ser lo más frecuentes posible, siempre que cada fase se lleve a cabo según los requerimientos de depuración (Ruiz *et al.*, 2000). Sin duda, una duración de la fase de reacción basada en el tiempo de degradación de la materia orgánica minimiza el tiempo necesario para completar el ciclo. Sin embargo, si durante la fase de reacción no está previsto un cierto período de carencia nutricional y por consiguiente de respiración endógena, la posibilidad de ocurrencia de *bulking* (proceso que se origina a partir de la proliferación de bacterias filamentosas, ocasionando problemas en la sedimentabilidad del lodo, lo que conlleva consecuencias como el aumento del costo operativo, la disminución de la calidad del efluente, eventos de olores y problemas operativos post proceso tanto en la línea de agua como de lodos.) puede incrementarse (Chiesa *et al.*, 1985), al igual que el rendimiento de producción de biomasa.

Por esta razón a pesar de obtener un tiempo de residencia para este diseño mediante la ecuación de Monod que resultó de 0.89 día, para obtener la biodegradación del desecho agua de reacción se consideran los resultados experimentales del reactor biológico a escala de laboratorio, se decide operar el reactor durante un periodo de reacción de 5 días, así se garantiza la etapa de biodegradación del desecho peligroso tratado.

De acuerdo con el volumen obtenido de 3.9 m³, se propone utilizar tanques de acero inoxidable de 550 gal de capacidad, que se encuentran en desuso y disponibles para realizar la función de reactor biológico; poseen la ventaja de estar diseñados de una material resistente a la corrosión tienen una entrada superior y válvulas en el fondo que permitirán el desalojo apropiado de los lodos además su forma cónica en el fondo ayudará atrapar los sólidos que deben ser desalojados del reactor, se emplearán dos totes de una capacidad total de 1100gal, para un volumen total disponible de 4.16 m³, considerando un sobrediseño del 10% aproximadamente.

Se obtuvo un caudal de aire requerido de 25,2 *ft*³/*min*, por lo que se propone utilizar soplador de ¼ de HP para el suministro del oxígeno necesario, las conexiones serán de 1 in, deben existir dos equipos con estas mismas características disponibles para garantizar el suministro de aire al sistema en caso de mantenimiento o falla del equipo principal.

Se recomienda colocar un número par de difusores para que cada tanque cuente con el mismo flujo de aire, por eso el diseño se realiza con 6 difusores y se distribuyen en 3 difusores por tanque.

Los cálculos arrojaron una razón de producción de lodos de 1 Kg/día; lo que se traduce en una razón de disposición de lodos de 213 L/día, esto permite calcular un área requerida para lechos de secado de 2 m^2 . (Ver Apéndice C, sección C11)

La propuesta consiste en utilizar el área cercana al almacén de desechos para instalar el reactor biológico, ya que este es un espacio con piso de cemento, posee cercanía a instalaciones de agua y líneas de tendido eléctrico, es un área ventilada, con las condiciones adecuadas para el manejo de líquidos inflamables como el agua de reacción.

Con la finalidad de evaluar de forma integral la factibilidad de instalación y empleo del reactor biológico, se procede a realizar un breve estudio de Impacto Ambiental utilizando como método la matriz de Leopold modificada (ver metodología sección 3.7), los resultados y la discusión de los mismos se presentan en el Apéndice D.

4.5. INVERSIÓN PARA EL DISEÑO

En función de verificar la factibilidad de la propuesta del reactor biológico se presenta a continuación un esquema comparativo de los costos asociados a la adquisición e instalación de los equipos necesarios para operar el reactor biológico y los costos asociados al manejo del desecho peligroso, mediante incineración con una empresa manejadora.

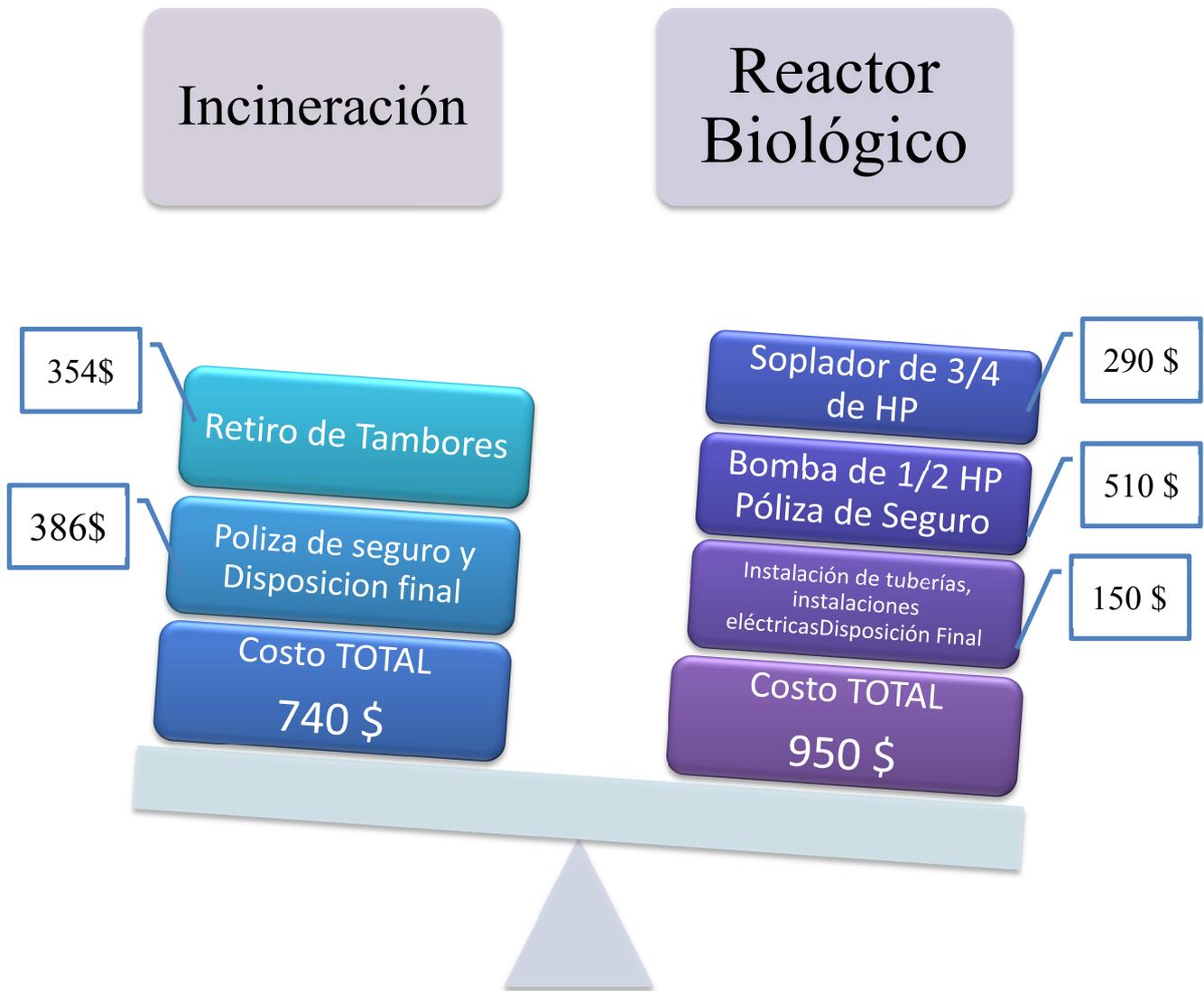


Figura N° 11. Esquema comparativo de costos.

Tal como se observa en la figura N° 11, El costo asociado al proyecto del reactor biológico está relacionado con los equipos del soplador y la bomba de desplazamiento positivo; se compararon estos costos con los asociados a un proceso de incineración , que cabe destacar es la única técnica que nos ofrecen las empresas manejadoras de desechos peligrosos debidamente certificadas en

Venezuela para el tipo de desecho peligroso estudiado en el presente proyecto, la incineración de material representa un menor impacto en cuanto a inversión inicial, sin embargo; es importante resaltar que la instalación de equipos para operar el reactor biológico es un gasto asociado al inicio del proyecto y luego puede haber gastos más bajos asociados al mantenimiento de los mismos, sin embargo el gasto señalado para el proceso de incineración será constante en el tiempo, a medida que se genera el desecho peligroso en el tiempo la empresa tendrá que solicitar la cotización e invertir nuevamente para disponer el desecho peligroso generado.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- El estudio de la características fisicoquímicas del desecho peligroso, agua de reacción; evidencia que el desecho posee inflamabilidad a los 18°C en presencia de una llama, más no es reactivo hacia la formación sulfuro de hidrógeno ni de cianuro de hidrógeno, tampoco se considera corrosivo.
- El desecho agua de reacción generado en la empresa manufacturera de pintura, es considerado peligroso según lo establecido en la norma venezolana para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos (Gaceta Oficial Extraordinaria No 5245 del 3 de agosto de 1998), Decreto 2.635.
- Se requiere agregar $N_{15}P_{15}K_{15}$ y diluir al 1% el desecho peligroso para obtener un crecimiento bacteriano endógeno.
- El reactor a escala de laboratorio (prueba piloto), evidenció que el desecho peligroso puede ser biodegradado empleando microorganismos específicos, obteniéndose un porcentaje de remoción del desecho (en función de DQO), de un 61,4%, en un periodo de 72 horas.
- En el reactor biológico SBR diseñado y propuesto para biodegradar el desecho peligroso tendrá una eficiencia del 92% lo que se traduce en

una disminución teórica de DQO desde 2656 a 212,5 mg O₂/L, y una remoción de DBO_{5,20°C}, desde 67 mg de O₂/L hasta 5,3 mg de O₂/L.

- En función del análisis de costos la implementación del reactor biológico a nivel de campo será una alternativa económicamente más sustentable en comparación con el proceso de incineración del desecho peligroso.
- El estudio impacto ambiental, demuestra que la magnitud e importancia del impacto ocasionado por el reactor biológico pueden ser mitigados, prevenidos y corregidos sin ocasionar un impacto irreversible o de alta magnitud sobre el medio ambiente.

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda realizar pruebas de viabilidad a distintas diluciones (40%,30%,20% v/v); para determinar la concentración máxima de desecho que se puede colocar en el reactor biológico en proporción con el pool bacteriano IQ, garantizando la máxima cantidad de desecho agua de reacción que se pueda tratar en cada lote.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, M. (1999). *Biodegradation and bioremediation* 2nd ed. Academic Press London.

Andreozzi, R., Caprio, V., Insola, A., Marotta, R. (1999). *Advanced oxidation processes (AOP) for water purification and recovery*, Catal. Today, vol. 53 (1), (págs. 51-59).

APHA. (1989) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 17ma Edición. American Public Health Association, Washington D.C.

ASTM. American Society for Testing and Materials.

<https://www.astm.org/Standard/standards-and-publications.html>.

Arias, A. y Suárez, L. (2007) *Gestión Integral de Residuos o Desechos Peligrosos*. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia. (págs. 53-110).

Atlas R.M. y Unterman, R. (1999). *Bioremediation*. In: Demain AL & Davies JE (Eds) *Manual of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2nd ed. (págs. 666-681), ASM Press, Washington D.C.

Bastiaenen, P. (2010). *Manejo de Residuos en los Países Bajos*. Embajada Real de los países bajos. Recuperado el 28 de mayo del 2016 de https://www.b2match.eu/system/holanda/files/Brochure_pags_1_12.pdf?1367683323.

Canales, F., Alvarado, E., Pineda, E. (Eds.). (1994). *Metodología de la investigación*. Manual para el desarrollo de personal de salud. ed. México: Limusa.

Castells, X. (2000). *Reciclaje de residuos diversos. Residuos de vehículos fuera de uso*. Reciclaje de residuos industriales. (págs. 495 –497). Madrid: Díaz de Santos.

Chandrakant, S., y Shwetha, S. (2011). *Role of Microbial Enzymes in the Bioremediation of Pollutants*. *Enzyme Research*. (pág. 11). Vol. 2011.

Chiesa S.C., Irvine R.L. y Manning J.F. (1985) *Feast/famine growth environments and activated sludge population selection*. *Biotechnol. Bioeng.* 27: (págs. 562-569).

Cortez S., Teixeira P., Oliveira R. y Mota M. (2008). *Rotating biological contactors: a review on main factors affecting performance*. *Environmental Science and Biotechnology*, Vol. 7, No. 2, 155-172

Cortón, E., y **Viale, A.** (2006). *Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación*. *Ecosistemas Revista Científica y técnica de ecología y medio ambiente*. Vol. 15 (3) págs. 148-157.

Dautan R., **Perez M.,** (1998). *Diseño y construcción de un reactor Discontinuo secuencial para remoción de DBO*. XXVI Congreso Interamericano de AIDIS, Lima, Perú.

De Lorenzo, V. (2001). *Cleaning up behind us*. *Revista EMBO reports* 2, (págs 357-359)

Eweis J., S. Ergans, D. Chang y E. Schroeder. (1999). *Principios de Biorrecuperación*. Mc.. Graw- Hill, Nueva York.

Fernández C., Llobregat M., Jiménez B, Altomare V., Labrador H. (2008). *Biodegradación de asfalto y resinas por microorganismos presentes en suelo contaminado con hidrocarburo*. Rev. Fac. Ing. UCV Vol.23 N.4.

Fernández, R. (2009). *Fundamentos de biorremediación*. Area de edafología y química agrícola. Universidad de Valladolid. En: http://suel.wikispaces.com/file/view/Fundam_Biorremediacion.pdf.

Ferrando, M. (2007). *Gestión y minimización de residuos*. Fundación Confemetal, Madrid.

Flavio, B., Leonardo, F., Zachia, M. (1999) Production of biosurfactant by hydrocarbon degrading *Rhodococcus ruber* and *Rhodococcus erythropolis*. Rev Microbiol 30. (págs. 231-236).

Franceschi, A. (2011). *Caracterización de microorganismos para la degradación de residuos de hidrocarburos*. Trabajo de grado Universidad de Carabobo. Venezuela.

Gaceta Oficial Extraordinaria de la República Bolivariana de Venezuela N° 5245. Decreto N° 2635. “Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos”. 3 de Agosto de 1998.

Galdós, J., (2009). XXVII Curso sobre tratamiento de aguas residuales y explotación de estaciones depuradoras, CEDEX 2009. Tema 23: *Tratamientos*

termoquímicos y otros procesos de tratamiento y valorización de biosólidos.
Tomo II. ISBN: 978-84-7790-504-2

Gallego, J.R., J. Loredó, J.F. Llamas y J. Sánchez. (2001). *Sources of hydrocarbon degrading microorganisms: isolation, characterization and applications. Proceedings of the First European Bioremediation Conference, Chania- Greece,* (págs. 324-327).

García, J., (2007). *Biodegradación de fenol en un reactor discontinuo de alimentación secuenciada.* Trabajo de grado Universidad Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías. (Centro de Investigaciones Químicas) México.

García, F. y Santos, A. (2001) Oxidación catalítica de compuestos fenólicos en aguas residuales. En: *Catalizadores y adsorbentes para la protección ambiental en la región iberoamericana.* Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (págs. 275–284).

Glazer, A. y Nikaido. H. (1994). *Microbial Biotechnology Fundamentals of Applied.* Revista Microbiology WH Freeman, New York.

Gomez, J. (2010). *Gestión de Residuos Industriales.* Madrid. Fondo Social Europeo. (págs. 5-8).

González I., (2015). *Generación, caracterización y tratamiento de lodos de EDAR.* Tesis doctoral Universidad de Córdoba. España.

Guía para la elaboración de plan de manejo. Conforme a título III del “Reglamento sobre el manejo de residuos Peligrosos”, Documento elaborado en el marco del desarrollo del proyecto de cooperación bilateral entre el gobierno de Chile y el gobierno de la República Federal de Alemania, Proyecto CONAMA/GTZ, Chile.

Hernández, P., Aguilar, P., López, S. y Schifter, S. (1998) *Descomposición de fenol en medio acuoso con peróxido de hidrógeno catalizada por cenizas provenientes de la combustión de carbón mineral. En: Catalizadores y adsorbentes para la protección ambiental en la región iberoamericana.* Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. (págs 271-274).

Jimenez, K. y Jimenez, Y. (2016). *Degradación de desechos tóxicos provenientes de laboratorios universitarios con foto-fenton solar usando diseño de experimentos.* Revista Internacional de Contaminación Ambiental. 32 (1). (págs. 119-131).

King R.B., G.M. Long y J.K. Sheldon. (1997). *Practical environmental bioremediation, the field guide.* Lewis publishers, NY.

Kiwi, J., Pulgarin, C., Peringer, P. y Gratzel, M. (1993). *Beneficial effects of homogeneous photo-Fenton pretreatment upon the biodegradation of anthraquinone sulfonate in waste water treatment.* Appl. Catal. B. 3, (págs. 85-99).[enlínea]<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/092633739380070>
T

Kolisch, G., Osthoff, T., Hobus, I., et al. (2009). “Increasing the Energy Efficiency of Sewage Plants - Experiences of Energy Analyses carried out in Germany”. Proceedings of the International Water Association – Water and Energy Conference, Copenhagen.

Korda, A., Santas, P.; Tenente, A. y Santas, R. (1997). *Petroleum hydrocarbon bioremediation: sampling and analytical techniques, in situ treatments and commercial microorganisms currently used.* Appl. Microbiol. Biotechnol. Vol. 48. (págs. 677-686).

Lambourne, R. (1987). *Paint and surface coatings: theory and practice*. Ellis Horwood, New York: Halsted Press, (págs. 52-61)

Madigan, M., Martinko J., y Parker J.(2002). *Brock Biología de Microorganismos*. (págs. 137-148). 10ma Edición. Editorial Prentice Hall.

Manacorda, A. y Cuadros, D (2005). *Técnicas de remediación Biológica. Microbiología Ambiental*. Artículo científico. Recuperado el 28 de abril del 2016.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358046/ENTORNO_DE_CONOCIMIENTO/UNIDAD_2/tecnicas_de_remediacion_biologicas.pdf.

Martín, C., González, A., y Blanco, M. (2004). *Tratamientos biológicos de suelos contaminados: contaminación por hidrocarburos. Aplicaciones de hongos en tratamientos de biorecuperación*. (págs. 103-120). Rev, Iberoam. Micol. Vol, 21. Madrid- España.

Martínez, J. (2005). *Guía para la Gestión integral de Residuos Peligrosos. Fundamentos*. Centro coordinador del Convenio de Basileas para America Latina y el Caribe. Tomo II (págs. 11-13).

Metcalf & Eddy. (1997). “*Wastewater Engineering Treatment and Reuse*” (*Ingeniería de Aguas Residuales*), Volume II. 4ta edición, Mc Graw- Hill.

Mulas, R. (2008). *Tratamientos y Recuperación de Suelos contaminados. Fundamentos de Biorremediación*. Artículo científico. Recuperado el 28 de abril del 2016.

http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358046/ENTORNO_DE_CONOCIMIENTO/UNIDAD_2/Fundam_Biorremediacion.pdf.

Murray, P.; E. Baron; M. Pfaller; F. Tenover y R. Tenover. (1999). *Manual of Clinical Microbiology*. 6th edition. ASM Press. Washington D.C. (pág. 1773).

Navarro, F.(2009). *Bioética y Desechos tóxicos*. Revista del Hospital General. México Vol. 72, Núm .3. (págs 160-163).

Oropeza, N. (2006). *Lodos residuales: estabilización y manejo*. Publicado en la Revista científica Caos Conciencia, Vol.1. (págs. 51-58). Departamento de Ingeniería, Universidad de Quintana Roo. México.

Pérez, J. (2010). *Gestión de residuos industriales, Guía para la intervención de los trabajadores*. Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS). Paralelo Edición, SA, (pág 98).

Pokhrel, D. y Viraraghavan, T. (2004). *Treatment of pulp and paper mill wastewater*. Revista Science of the total environment. Vol. 333. (págs 37-58).

Prescott, IL., Harley, J. y Klein D. (2002). *Principios de Microbiología*. 6ta Ed. Mc Graw Hill. Interamericana, (págs. 1000-1005).

Prince, R. C. (1993). *Petroleum spill bioremediation in marine environments*. *Crit. Rev. Microbiol.* Vol. 19. (págs. 217-242).

Quesada, H., Salas, J. y Romero, L. (2007). *Manejo de desechos Industriales Peligrosos*. Tecnología en Marcha. Vol. 20-2. (págs 16-18).

Raj, C. y Quen, H. (2005). *Advanced oxidation process for wastewater treatment: Optimization of UV/H₂O₂ process through statistical technique*. Revista Chemical engineering Science. Vol. 60.2005, (págs 5305-5311).

Ramírez, C. (2005) *Biodegradación de compuestos fenólicos en un reactor discontinuo de alimentación secuenciada*. Tesis de maestría, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

Ramirez, T. (1999) *Cómo hacer un proyecto de investigación*. 2da Edición. Cararacas: Carel, C.A.

Rana N.S., Khare M. (2002). *Design criteria for a rotating Biological Contactor System for treatment of urinal wastewater*. “Intern. J. Environ. Studies”, Vol. 59, No. 1, 159 – 169.

Riser-Roberts, E. (1998). *Remediation of petroleum contaminated soils*. CRC Press. Lewis publishers.

Rivas, G. (1978). *Tratamiento de aguas residuales*. Ediciones Vega S.R.L, 2da edición. Caracas, Venezuela. (págs. 273-375).

Rosenberg, E. y Ron, E.Z. (1996). *Bioremediation of petroleum contamination*. In: Crawford RL & Crawford DL (Eds) *Bioremediation*. Principles and Applications. Biotechnology Research Series 6. University Press, Cambridge. (págs 100- 124).

Rodríguez, M. (2003) *Fenton and UV-vis based advanced oxidation processes in wastewater treatment: Degradation, mineralization and biodegradability enhancement*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona, España.

Rodríguez, A. y Fernández, A. (2006). *Tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Informe de vigilancia tecnológica. Madrid, España.

Ruiz C., Torrijos M., Sousbie P., Lebrato-Martínez J. y Moletta R. (2000) *The anaerobic SBR process: basic principles for design and automation*. Actas del

2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology, Narbonne, Francia.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2009). *Guía para elaborar informes preventivos y manifestaciones de impacto ambiental para proyectos forestales.* (págs. 1-22). México, Semarnat.

Schmidt, C. (2006). "*Not so Superfund: Growing Needs vs. Declining Dollars.*" *Environmental Health Perspectives* (Vol. 111, no 3). Retrieved on 12-11-06.

Sonil, N., Snigdha, S. (2010). *Biodegradabilidad del Polietileno mediante Brevibacillus, Pseudomonas, Rhodococcus spp.* *Revista New York Science Journal.* Vol. 77. India.

Svenja, R., Alexander, N., Ulf, S., Peter, K.(1999) Differential detection of key enzymes of polyaromatic-hydrocarbon-degrading bacteria using PCR and gene probes. *Microbiology* 145. (págs 1731-1741).

Timmis, K.N. y Pieper, D.H. (1999). *Bacteria designed for bioremediation.* *Trends in Biotechnology.* Vol 17, (págs. 201-204).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
<https://unfccc.int>.

Vivas, Y. (2013). *Evaluación del biotratamiento (a escala de laboratorio) de residuos fenolados generados del proceso productivo de una empresa manufacturera de materiales químicos.* Trabajo especial de grado Universidad de Carabobo. Venezuela.

Wunsche, L.; L. Bruggemann y W. Babel. (1995). *Determination of substrate utilization patterns of soil microbial communities: An approach to assess population changes after hydrocarbon pollution* *FEMS Microbial Ecology.* Vol. 17. (págs. 295- 306).

Yu Y., Jun Y., Wei-Min W., Jiao Z., Yiling S., Longcheng G., Ruifu Y., y Lei J. (2015). *Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests.* Revista Environmental Science Technology, Vol. 49, (págs. 12080-120869)

APÉNDICE A

INDICE

	Página
1 Antecedentes.....	1
2 Objetivos.....	1
3 Plan de Muestreo y Captación de las Muestras.....	2
4 Tipos de Desechos.....	4
5 Empresa Generadora.....	4
6 Fecha del Muestreo.....	4
7 Cantidad Muestreada.....	4
8 Estado Físico de los Desechos.....	4
9 Tipo de Muestreador Utilizado.....	4
10 Equipo de Seguridad Utilizado.....	4
11 Preservación de las Muestras.....	4
12 Procedimientos Analíticos y Límites de Cuantificación.....	5
13 Equipos Utilizados.....	6
14 Resultados y Conclusiones.....	6
14.1. Resultados de los parámetros de peligrosidad sobre todo el desecho (Tabla 1).....	6
14.2. Resultaos de los arámetros de la fase acuosa (Tabla 2).....	7
15 Anexo Registro fotográfico del muestreo	9

INFORME TÉCNICO EVALUACIÓN DE EFLUENTES

1. ANTECEDENTES

La empresa manufacturera de pintura requirió a la Unidad de **Gestión Ambiental** de FUNINDES - Universidad Simón Bolívar, realizar la evaluación de un desecho líquido peligroso, contenido de dos fases una orgánica y una acuosa, dentro del marco del Decreto 2.635^(*), generado durante un proceso de reacción para la fabricación de resinas alquídicas; ya que el mencionado desecho se envasaba en tambores metálicos y ha generado procesos de corrosión y deterioro de los mismos. Asimismo se evaluarán algunos parámetros físicoquímicos en la fase acuosa una vez separado del desecho

2. OBJETIVOS

Los objetivos del presente trabajo son de manera específica la captación y evaluación de un desecho líquido peligroso de dos fases una orgánica y otra acuosa generado durante un proceso de reacción para la fabricación de resinas alquídicas. La solicitud de la empresa consiste en:

- ❖ La caracterización los riesgos de manejo del desecho líquido peligroso (comprendiendo ambas fases de manera conjunta) de acuerdo a las pautas que al respecto se manejan en el Decreto 2.635 (*): , esto es de manera específica: Reactividad (H₂S y HCN), Inflamabilidad, y corrosividad (pH, y método de la lámina). Adicionalmente se evaluará el Calor de Combustión como un parámetro necesario si el tratamiento final del desecho es la incineración.

- ❖ **La separación y caracterización de la fase acuosa en los parámetros siguientes:**

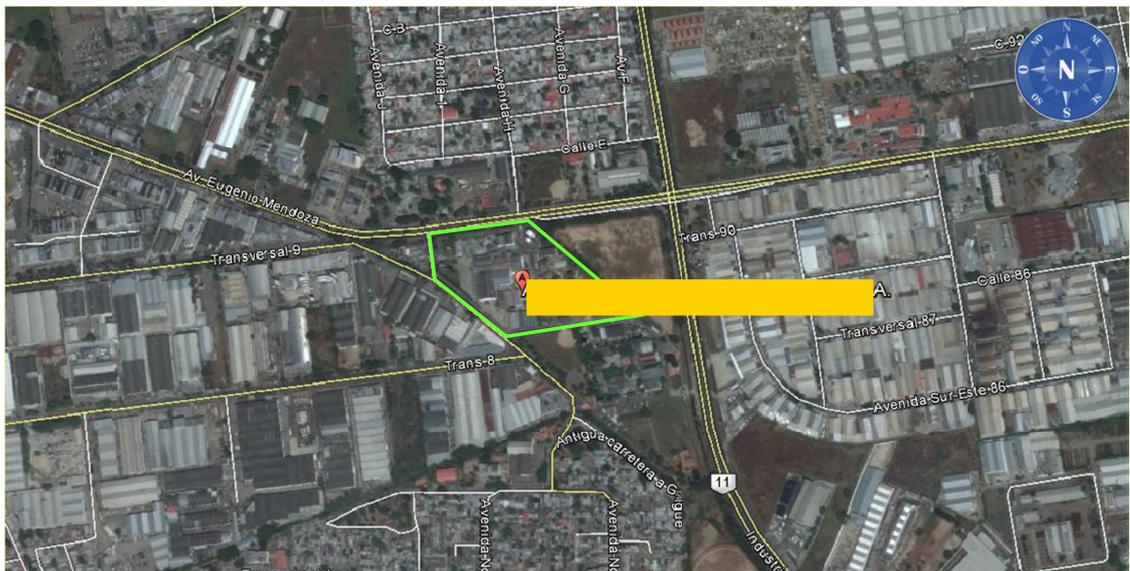
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sulfatos, Contenido de o-Xileno, y Contenido de m y p-xilenos.

(*) : Decreto 2.635: "Normas para el control de materiales peligrosos y el manejo de desechos peligrosos, -Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5,245 del 3 de agosto de 1.998".

3. PLAN DE MUESTREO Y CAPTACIÓN DE LAS MUESTRAS

El 28 de mayo de 2017, personal del Laboratorio de Desechos Tóxicos de la Universidad Simón Bolívar se trasladó a la planta de la empresa manufacturera de pintura Zona Industrial de Valencia (Edo. Carabobo) (ver Figura 1); a los efectos de realizar y asegurar la captación de la muestra para la caracterización requerida por el cliente.

Para la captación se utilizó la guía descrita en la **Norma COVENIN (Comité Venezolano de Normas Industriales) 2709:2002 (1era revisión): Norma Venezolana para la Captación de Aguas Naturales, Industriales y Residuales**.



(Fuente: Imagen Google Earth del 25/01/2017)

Figura 1. Ubicación de la empresa manufacturera de pintura, en Valencia.

Durante la visita se captó una muestra compuesta, una correspondiente al desecho líquido peligroso almacenado en cuatro tambores plásticos verdes de 180 litros; ubicados en el sector techado del depósito de desechos peligrosos, dentro de las instalaciones de la planta. El mencionado depósito de desechos peligrosos es un área enrejada abierta que se ubica en el sector sureste de la planta (Ver Figura 1), colindando con el campo de béisbol.



(Fuente: Imagen Google Earth del 25/01/2017)

Figura 2. Ubicación del depósito de desechos peligrosos en las instalaciones de la empresa manufacturera de pintura en Valencia

Los tambores se ubican sobre una paleta de madera que los aísla del piso y, pese a no tener identificación externa, su color los diferencia evidentemente del resto de los tambores almacenados en dicha área. Los mencionados tambores fueron especialmente dispuestos para el almacenaje del desecho líquido peligroso generado durante el proceso de reacción y corresponden a tambores nuevos, de tal manera de tener exclusivamente el desecho a ser evaluado; ya que tradicionalmente se reutilizan tambores usados por las materias primas empleadas en los procesos de la planta.

El plan de muestreo incluyó la captación de alícuotas similares de cada tambor, con un captador de muestras de acero inoxidable (FOTO), y almacenarlas para su composición en una muestra única en una garrafa plástica de 1 galón de capacidad. Posterior a completar dicha garrafa y previamente agitando la muestra, fueron repartidas y selladas en cada uno de los envases dispuestos para los análisis requeridos.

El muestreo se inició con la llegada del personal del Laboratorio de Desechos Tóxicos a la planta a las 8:00 am; procediendo a realizar todos los aspectos administrativos para el ingreso del personal a dicha planta. Luego de ello, fue ubicado el personal de la empresa encargado para la captación de muestras y se procedió junto con los mismos a realizar la toma de las alícuotas, con todas las previsiones de seguridad dispuestas para ello, alrededor de las 8:35 am. Culminada la composición de la muestra de los cuatro tambores seleccionados, se procedió a la distribución en los envases de los análisis respectivos y trasladarlas al vehículo para el aseguramiento de la preservación indicado

para cada análisis. Se concluyó el muestreo con la realización y firma de la cadena de custodia, para certificar el origen de las muestras, pasadas las 9:30 am; con lo cual se inició su inmediato traslado a los laboratorios de la Universidad Simón Bolívar para su análisis (Anexo 1).

4. TIPOS DE DESECHOS

Desecho líquido peligroso (dos fases, una orgánica y otra acuosa) generado durante un proceso de reacción para la fabricación de resinas alquídicas

5. EMPRESA GENERADORA

6. FECHA DEL MUESTREO

28 de Mayo de 2017

7. CANTIDAD MUESTREADA

Total, aproximadamente 4 litros. Muestras finales compuestas de alícuotas similares provenientes de cuatro tambores plásticos verdes de 180 L de capacidad.

8. ESTADO FÍSICO DE LOS DESECHOS

Líquido

9. TIPO DE MUESTREADOR UTILIZADO:

Colectores de acero inoxidable

10. EQUIPO DE SEGURIDAD UTILIZADO:

- Guantes de látex
- Lentes de seguridad
- Casco de seguridad
- Botas de seguridad
- Braga ignífuga
- Mascarilla de seguridad
- Guantes de goma de alta resistencia

11. PRESERVACIÓN DE LAS MUESTRAS

Las muestras fueron almacenadas en envases correspondientes a los análisis requeridos (vidrio o plástico), para luego preservadas en campo de acuerdo al parámetro a ser evaluado, e inmediatamente transportadas al Laboratorio de Desechos Tóxicos. Siguiendo el protocolo del aseguramiento de la calidad, las muestras fueron preservadas (*) y agrupadas en función de los parámetros a ser evaluados de la siguiente manera.

Tabla 2. Condiciones de Preservación de las Muestras (*)

PARAMETROS	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN
DBO	Plástico 1L	4°C (medir máximo 48 horas luego del muestreo)
DQO y Nitrógeno total	Vidrio 1L	H ₂ SO ₄ pH<2; 4°C
Reactividad (H ₂ S y HCN), Inflamabilidad, Sólidos suspendidos (SS), Sulfatos, pH	Plástico 1L	ninguna
Fósforo total	Plástico 1/8 L	HNO ₃ pH<2
Xilenos	2 viales de 20 ml completamente llenos, con sus respectivas tapas de goma y aros de aluminio	4°C

(*)SMEWW :Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (American Public Health Association WEF. 20th Edition 2.002).

12. PROCEDIMIENTOS ANALÍTICOS Y LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN

Procedimientos Analíticos Límites de Cuantificación

ANALITO	METODOLOGIA	TÉCNICA ANALÍTICA	LÍMITES DE CUANTIFICACIÓN METODOLÓGICA
Reactividad (cianuros y sulfuros)	COVENIN 3440/1.999 (*)	Volumetría	1 mg/L
Inflamabilidad	SW846-1010 (**)	Copa abierta	0,5 °C
Corrosividad (lámina de acero)	SW846-1110A	Corrosividad de la lámina de acero	0,01 mm/año
pH	SMEWW 4500 A (***)	Electrodo Específico	0,01 unidades
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SMEWW 5220 B	Oxidación Específica y Volumetría	10 mgO ₂ /L
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)	SMEWW 5210 D	Respirometría	10 mgO ₂ /L
Nitrógeno total	SMEWW 4500.NH3	Volumetría	0,05 mg/L
Sulfato	SMEWW 4500 SO ₄ =	Turbidimetría	0,5 mg/L
Sulfuro	SMEWW 4500E	Volumetría	0,4 mg/L
Fenoles	USEPA SW846-8041	Cromatografía de gases con detector de llama (GC-FID)	0,002 mg/L
Fósforo Total	USEPA SW846-200.15	AAES-ICP	0,05 mg/L
Sólidos Suspendidos	SMEWW 2540 D	Gravimetría	1 mg/L
Calor de Combustión	ASTM D240 (****)	Bomba calorimétrica adiabática	10 Cal/g)

(*): COVENIN: Comité Venezolano de Normas Industriales

(**): USEPA SW846: United States Environmental Protection Agency, SW846. "Test Methods for Evaluating Solid Waste". Up Date 2017

(***): SMEWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA, AWWA, WEF. 20th Edition 2.002.

(****): ASTM, American Society for Testing and Materials

13. EQUIPOS UTILIZADOS

- pH meter marca Methrom Herisau, modelo E588.
- pH meter de campo: Marca Hanna. Medidor de conductividad, temperatura y pH.
- Espectrómetro de emisión atómica por plasma inducido de argón (ICP) marca GBC. modelo Integra XL 2000.
- Cromatógrafo de gases marca Hewlett Packard, modelo 5790, con detectores de llama (GC-FID), de masa (GC-MS) y de Conductividad Térmica (GC-TC).
- Espectrómetro UV-Visible, marca Hewlett Packard, modelo HP-8452-A con arreglo de diodos.
- Flash Point Tester Copa Abierta
- Balanzas micro analíticas marca Ohaus
- Material de vidrio convencional para labores analíticas.

14. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

14.1. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS DE PELIGROSIDAD SOBRE TODO EL DESECHO (AMBAS FASES)

Tabla 1. Resultados de Inflamabilidad, Reactividad, y Corrosividad

Muestra	Inflamabilidad (° C)	Reactividad (mg/kg)		Corrosividad Método de la Lámina de Acero (mm/año)	Corrosividad pH (Adimen.)	Calor de Combustión (Cal/g)
		Sulfuro	Cianuro			
MUESTRA COMPUESTA DE AGUAS DE REACCION ALMACENADAS DE LA EMPRESA MANUFACTURERA DE PINTURAS de fecha 30/05/2017	Inflama a 18 °C	9 (Se encontró No reactivo hacia la formación de H2S)	< 1 (Se encontró No reactivo hacia la formación de H2S)	0,08 (Se encontró no corrosivo hacia el acero inoxidable)	3,00 (Se encontró no corrosivo de acuerdo al pH)	5.980
Límites Decreto 2.635 (Artículo 6°)	Es inflamable si la temperatura de inflamación es menor a 65,6°C	Es reactivo si el valor es mayor a 500(*)	Es reactivo si el valor es mayor a 250(*)	Es corrosivo si el valor es mayor a 6,25 mm/año	Es corrosivo si el valor del pH es menor de 2 o mayor de 12,2	No está normado

(*): Los parámetros Reactividad (cianuro y sulfuro) y Corrosividad, no están normados en el Decreto 2.635. A tal efecto y solo como una referencia, se colocaron los límites establecidos por la USEPA (United States Environmental Protection Agency)

De acuerdo a los resultados obtenidos para los parámetros de inflamabilidad, reactividad y corrosividad, reportados en la Tabla 1, se concluye que el desecho captado es altamente inflamable (inflama a partir de 18 °C en presencia de una llama), mas no reactivo hacia la formación sulfuro de hidrógeno ni de cianuro de hidrógeno, tampoco se considera corrosivo. El nivel de riesgo asociado a este desecho de acuerdo al Artícul 8° del Decreto 2.635, es de Clase 3:

“Sólidos o líquidos, combustibles o inflamables solo en presencia de llama, pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total; potencial de dispersión limitado, cantidad transportada que no exceda de 3 toneladas, ni 25 metros cúbicos, con un daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente”.

Se recomienda tomar todas las precauciones en su manejo ante esta condición de inflamabilidad. Al margen de la condición de la inflamabilidad del desecho, su peligrosidad está también asociada la toxicidad dada su composición por la capa orgánica presente (Artículos 5° y 6°, Decreto 2.635).

Nota Importante: El desecho está conformado por dos fases, una acuosa de mayor densidad, ligeramente con sólidos suspendidos, representando un 38% en volumen, aproximado y una fase organica de color marrón, supernadante, de menor densidad, representando un 62% aproximado en volumen. En el registro fotográfico presentado en el anexo se visualiza muy bien el desecho y sus respectivas fases.

14.2. RESULTADOS DE LOS PARÁMETROS EN LA FASE ACUOSA

Tabla 2. Resultados de los parámetros evaluados en la fase acuosa del desecho.

Muestra	DBO (mgO ₂ /L)	DQO (mgO ₂ /L)	pH (Adim.)	Nitrógeno Total (N-mg/L)	Sulfato (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	o- Xileno (mg/L)	m y p- Xilenos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)
FASE ACUOSA DE MUESTRA COMPUESTA DE AGUAS DE REACCION ALMACENADAS DE EMPRESA MANUFACTURERA DE PINTURAS de fecha 30/05/2017	67	1.606	3,00	5,00	20,5	< 0,05	35,90	84,40	10



En la Tabla 2 se presentan los resultados de los parámetros solicitados en la fase acuosa separada del desecho. No se presenta ninguna comparación con alguna referencia de carácter ambiental en virtud de que los mismos, tal y como se nos informó, serán utilizados con fines académicos. Se resalta solamente la presencia de xilenos provenientes del medio de reacción en el caul se genera el desecho.

En Caracas a los veintiocho días del mes de junio de dos mil diecisiete.

Prof. Rafael López

Unidad de **Gestión Ambiental**
Laboratorio de Desechos Tóxicos
Registro Ambiental MINEA No. 01-034

Anexo: Registro fotográfico del muestreo (suministrato por la empresa)

**ANEXO: REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL MUESTREO
(SUMINISTRADO POR LA EMPRESA)**



APÉNDICE B

Sistemas de registro para las diferentes actividades que se desarrollan con las sustancias peligrosas.

A continuación se muestra el formato del desecho peligroso, elaborado para que el personal involucrado en el proceso de manejo y almacenaje del desecho peligroso agua de reacción, conozcan los riesgos asociados y las principales características del mismo. Este formato fue presentado al personal involucrado en un proceso de capacitación, y se encuentra impreso disponible en las áreas para su consulta

1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y/O DESECHO

1.1 Descripción material y/o desecho	Agua de reacción
---	------------------

1.2 Actividad/ Proceso Generación	Proceso de fabricación de resinas alquídicas/Reactor
--	--

1.3 Área generadora	Mtto. (Torres de enfriamiento)	Thinner	Lab. de Planta	Dispersión	Almacén de Rework	Reactor	Oficinas y baños de planta
	Mantenimiento (Reparaciones)	Servicio al Cuidado de la Salud	Ecoat/ Ganicin/	Almacenes de Materia Prima	Laboratorio de Ecoat	Destilador	Oficinas y baños de CAC
	Tratamiento metálico	Cabina de aplicación y Cuarto de hornos	Almacén de Etiquetas y suministro para Operaciones	Almacén de Desechos	Laboratorio (Cuarto de Batches)	Calentador de Aceite	Lab. y Cabina de Aplicación de CAC

	Lavado de Totes	Lavado de tanques portátiles y tambores	Almacén de Productos Terminados	Comedor	Planta General	Manufactura	Laboratorio de metrología

1.4 Identificación del material y/o desecho	Aceite Lubricante Usado	Aceite Therminol	Acumuladores	Agua con Gasoil	Agua de reacción	Agua sucia con solvente	Asbesto
	Aserrín con gasoil	Barro semisólidos del destilador	Bolsas vacías de G-243 (Anhídrido Ftálico)	Carboyas plásticas de 50 galones con restos de material.	Desechos ácidos	Desechos alcalinos	Mangas colectoras de polvo de los ciclones de tramet y manufactura
	Mangas filtrantes con pintura	Material absorbente con derrame	Mezcla de pintura geladas	Mezclas de pintura	Neutralizado de monómeros	Neutralizado de peróxido	Pilas y/o baterías
	Residuos alcalinos del extractor de polvo	Residuos del Laboratorio Ecoat	Resinas y Monómeros Gelados	Solución kill	Solvente Sucio	Tambores metálicos vacíos con restos de material	Tambores metálicos vacíos con restos de monómero de estireno

2. RESPONSABLES			
Área generadora	Reactor	Dirección de correo/Teléfono	ext. 8234
Técnico para caracterizar el material y/o desecho (componentes)	Técnico del área del reactor		ext. 8245
Contacto por el Comité de Medio Ambiente	Coordinador del comité de Ambiente		ext. 8237
En caso de una emergencia	Lider de EHS&S		ext. 8205

3. COMPONENTES QUÍMICOS ESPECÍFICOS DEL MATERIAL Y/O DESECHO (superior al 1%)

3.1 Componentes químicos reportados son:	
Estimados	
Por análisis	X

3.2 Componentes principales	3.3 CAS	3.4. Método de ensayo	3.5	
			Composición máx(%)	Composición mín (%)
Agua			70	60
Xileno			40	30
trazas de ácido				

3.6 Reporte del Laboratorio	Ver informe de laboratorio externo UGA en los registros ambientales almacenados en la oficina del coordinador de ambiente
------------------------------------	---

4. COMPONENTES QUÍMICOS EN TRAZAS DEL MATERIAL Y/O DESECHO NO LISTADOS EN EL PUNTO ANTERIOR

4.1 Componentes químicos en trazas	(mg/l)
Disponible	
No disponible	

4.2 El material y/o desecho contiene alguno de los siguientes compuestos

Ag	
Cu	
Pb	
As	
F	
S	9
Ba	
Hg	
Se	
Cd	
I	
Zn	
Cl	
N	
Cr	

	SI	NO
Sulfuros		
Cianuros		X
PCB's		X
Fenólicos		X
Dioxina		X
Solventes	X	
halogenados (1,000 mg/l)		X

Cn	
Ni	
Ti	
P	

Método de ensayo:	Ver informe laboratorio externo UGA. Oficina de coordinador ambiente
--------------------------	--

5. PROPIEDADES ESPECÍFICAS DEL MATERIAL Y/O DESECHO

Fash Point (°C):	18	Pirofórico	No
Poder Calorífico (cal/g)	5980	Reactivo	No
Corrosividad (pH):	3,5	Tóxico	SI
Carcinogeno por la OSHA *	No	Radiactivo	No
Color	Ambar-amarillo	Sensible a golpes	No
pH	4	Explosivo	No
Olor	VOC	Etiológico	

* Revisar si contiene algún elemento cancerigeno listado en la OSHA, excepto el PCB's

6. OTRAS PROPIEDADES

Existe peligro si los contenedores son abiertos? alto contenido de compuestos orgánicos volátiles, pueden ocasionar atmósferas inflamables	El desecho puede ser bombeado o? Utilizar sólo bomba con elementos internos de acero inoxidable, alta probabilidad de corrosión	Puede ser trasegado de los recipiente ? Si	Fases multiple? Fase Orgánica y fase acuosa	Porcentaje de sólido: Sólidos suspendidos 5% aprox.	Porcentaje de líquido: 95% líquido
--	---	--	---	---	--

Porcentaje de fase acuosa separada: 38 %	Porcentaje de capa líquida de flujo libre:	Gravedad específica estimada	Presión del contenedor (psi): 14,7	Estado físico a 25 ° C: Sólido: Líquido: X Lodo: Semi-sólido Gas: Otro:
---	--	------------------------------	---------------------------------------	--

7. INFORMACIÓN DE PELIGROSIDAD

7.1. Clase de riesgo, atendiendo las características y condiciones peligrosas del material y/o desecho (Según Artículo 8° del Decreto N° 2.365)

CLASE	CARACTERÍSTICA	
1	Se aplica a compuestos en estado sólido, poco solubles, no inflamables, ni reactivos, ni corrosivos que aunque contienen elementos que pueden ser perjudiciales al ambiente, los mismos no se liberan ni pasan al ambiente en forma inmediata; si se dispersan sobre el suelo, pueden ser recolectados con utensilios manuales o mecánicos sin exigir equipos de protección completa del trabajador	
2	Materiales y desechos semisólidos o líquidos, hidrosolubles, no inflamables ni reactivos, ni corrosivos, con elementos tóxicos en concentraciones que no puedan causar un envenenamiento masivo, ni perdurable en el ambiente; no son irritantes ni tóxicos por inhalación; su riesgo mayor está relacionado con su condición fluida que dificulta su recuperación en caso de derrame.	
3	Sólidos o líquidos, combustibles o inflamables solo en presencia de llama, pueden tener ciertas características irritantes, corrosivas o tóxicas pero no requieren para su manejo equipos de protección total; potencial de dispersión limitado, cantidad transportada que no exceda de 3 toneladas, ni 25 metros cúbicos, con un daño esperado moderado, en áreas puntuales y sin efectos perdurables en el ambiente.	X
4	Sólidos o líquidos, explosivos o inflamables sin presencia de llama, corrosivos, reactivos o tóxicos; con efectos potenciales peligrosos y perdurables en las personas o el ambiente, pero en razón a las cantidades transportadas no es factible que ocurran situaciones de destrucción ni contaminación alejadas del lugar del accidente, hay posibilidades técnicas de controlar la diseminación del agente o detener su efecto.	

5	Sólidos, líquidos o gases que pueden producir reacciones explosivas, o ser fácilmente inflamables, muy reactivos, corrosivos, desprenden gases y vapores tóxicos, alto potencial de propagación o diseminación, efecto letales a las personas o letales y persistentes al ambiente, pueden causar destrucción o contaminación a decenas de metros del accidente.
---	--

7.2 Número de Código de Naciones Unidas	N/A
--	-----

7.3 MSDS disponible (Anexar si está disponible)	No
--	----

8. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD
8.1. Código de seguridad: S3
8.2 Guía de respuesta a emergencias: Ver procedimiento plan de respuesta de emergencia
8.3 Primeros auxilios :
8.4 Equipos de seguridad recomendados: Todos los necesarios para área clase I div I
8.5 Instrucciones de recolección en caso de derrames : Ver procedimiento de control de derrames

9. INFORMACIÓN DE MUESTREO (Si aplica)
9.1 Instrucciones de muestreo: Utilice instrumentos resistentes a la corrosión
9.2 Instrucciones especiales: sólo personal entrenado en manejo de materiales peligrosos

10. INVENTARIO

Ver matriz plan de manejo en el dpto. De ambiente de la empresa.

11. RECIPIENTE ESPECIFICO PARA EL MATERIAL Y/O DESECHO
Utilice Tambores de plástico para almacenaje, realice venteo periódico de los envases

12. TRATAMIENTO Y/O DISPOSICIÓN FINAL APROBADA PARA EL MATERIAL Y/O DESECHO
--

Tratamiento/Disposición final	Observación
-------------------------------	-------------

Almacenamiento	X	Evite almacenar en tambores metálicos por periodos prolongados
Reciclaje		
Reutilización		
Coprocesamiento		
Relleno sanitario		
Otro (Por definir)	X	

APÉNDICE C

En este apéndice se muestra la memoria descriptiva de los cálculos para el diseño del reactor biológico SBR

Se estima la carga orgánica considerando un caudal medio de diseño señalado en la tabla XIII (ver sección 4.4).

C1. Estimación de la carga orgánica

$$C = Q_{medio} * S_o * 10^{-6}$$

$$C = 2 \text{ L/s} * 86400 * 67 \text{ mg/L} * 10^{-6} = 12 \text{ Kg/día}$$

La carga orgánica hacia el reactor será de 12 kg al día; La concentración de sustrato a la salida se obtiene con la siguiente expresión;

$$S = S_o - \epsilon * S_o$$

La eficiencia que se desea obtener es del 92% con la finalidad de obtener un $\text{DBO}_{5,20^\circ\text{C}}$ a las salida $\leq 6 \text{ mg/L}$. el rendimiento que se desea obtener se logra en una sola etapa.

$$S = 67 - 0.92 * 67 = 5,4 \text{ mg/L}$$

C2. Cálculo del volumen del reactor

De acuerdo con la Wastewater Treatment Plant Design (W.E.F.), se propone la razón de utilización de sustrato Vs en un rango entre 1,44 a 2,90 Kg/m³-día; por otra parte Metcalf y Eddy “Wastewater Engineering”, sugieren de 1,40 a 2,40 Kg/m³-día. Dadas las características del efluente fácilmente degradable se escoge un valor de 2,75 Kg/ m³-día.

- Carga biológica en la entrada del reactor

$$Q * S_o = \text{Centrada} = 2 \text{ L/s} * 86400 * 67 \text{ mg/L} * 10^{-6} = 12 \text{ kg/día}$$

- Carga biológica a la salida del reactor

$$Q * S = 2 \text{ L/s} * 86400 * 5,4 \text{ mg/L} * 10^{-6} = 0,93 \text{ kg/día}$$

- Volumen del reactor

$$V = \frac{Q S_0 - Q_s}{V_s} = \frac{12 - 0,94}{2,75} = 3,9 \text{ m}^3$$

C3. Cálculo del tiempo de residencia celular medio según modelo de Monod:

$$\frac{1}{\theta_c} = Y * U - K_d$$

	Metcalf	Eddy
U	1.50 -5.0 d-1	1.50 - 3.0 d-1
Kd	0.04- 0.75 d-1	0.04- 1 d-1
Y	0,4-0,80	W.E.F

De acuerdo con las recomendaciones de la tabla anterior los valores usados para el diseño fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} U &= 2 \text{ d}^{-1} \\ K_d &= 0,075 \text{ d}^{-1} \\ Y &= 0,6 \end{aligned}$$

$$\theta_c = \frac{1}{2 * (0,6 - 0,075)} = 0,89 \text{ día}$$

De acuerdo con la W.E.F se recomiendan valores menores a 1 para el tiempo de residencia celular medio.

C4. Cálculo de la concentración de microorganismos en el reactor:

$$X = \frac{Y * Q * \theta_c * (S_0 - S)}{V * (1 - K_d * \theta_c)}$$

Donde; $Q = 2 \text{ L/s} * 86400 = 172800 \text{ L/día}$

$$X = \frac{0,6 * 172800 * 0,89 * (67 - 5,4) \text{ mg/L}}{3873,2 * (1 - 0,075 * 5,4)} = 1375 \text{ mg/L}$$

Lo cual resulta satisfactorio ya que la W.E.F recomienda valores entre 500-1500 mg/L.

C5. Cálculo del factor de carga (U)

De un balance de sustrato y materia celular en un sistema reactor quimiostato., se obtiene la siguiente expresión para el sustrato y crecimiento celular (Rivas, G 1978) (ver Ec. 6):

$$U = \frac{F}{M} = \frac{Q * (S_o - S)}{V * X} = \frac{(S_o - S)}{\theta * X} = \frac{(67 - 5,3)mg/L}{0,89 \text{ día} * 1375mg/L} = 0,050 \text{ d}^{-1}$$

F/M Relación alimento/microorganismo (d^{-1})

V= Volumen del reactor (L)

Tiempo de retención hidráulica (V/Q)

X=SVS (mg/l)

Este valor es parte importante de los parámetros de diseño que permite definir el tipo de aireación que se debe utilizar en el proceso de acuerdo con la siguiente tabla.

Tabla XIV. Parámetros de diseños para procesos de lodos activados.

Typical design parameters for commonly used activated-sludge processes^a

Process name	Type of reactor	SRT, d	F/M kg BOD/kg MLVSS·d	Volumetric loading		MLSS, mg/L	Total τ , h	RAS, % of influent ^e
				lb BOD/1000 ft ³ ·d	kg BOD/m ³ ·d			
High-rate aeration	Plug flow	0.5-2	1.5-2.0	75-150	1.2-2.4	200-1000	1.5-3	100-150
Contact stabilization	Plug flow	5-10	0.2-0.6	60-75	1.0-1.3	1000-3000 ^b 6000-10000 ^c	0.5-1 ^b 2-4 ^c	50-150
High-purity oxygen	Plug flow	1-4	0.5-1.0	80-200	1.3-3.2	2000-5000	1-3	25-50
Conventional plug flow	Plug flow	3-15	0.2-0.4	20-40	0.3-0.7	1000-3000	4-8	25-75 ^d
Step feed	Plug flow	3-15	0.2-0.4	40-60	0.7-1.0	1500-4000	3-5	25-75
Complete mix	CMAAS	3-15	0.2-0.6	20-100	0.3-1.6	1500-4000	3-5	25-100 ^d
Extended aeration	Plug flow	20-40	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000	20-30	50-150
Oxidation ditch	Plug flow	15-30	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	3000-5000	15-30	75-150
Batch decant	Batch	12-25	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000 ^d	20-40	NA
Sequencing batch reactor	Batch	10-30	0.04-0.10	5-15	0.1-0.3	2000-5000 ^e	15-40	NA
Countercurrent aeration system (CCAS TM)	Plug flow	10-30	0.04-0.10	5-10	0.1-0.3	2000-4000	15-40	25-75 ^f

^aAdapted from WEF (1998); Crites and Tchobanoglous (1998).

^bMLSS and detention time in contact basin.

^cMLSS and detention time in stabilization basin.

^dAlso used at intermediate SRTs.

^eBased on average flow.

^fFor nitrification, rates may be increased by 25 to 50%.

NA = not applicable.

Fuente: Metcalf and Eddy.

C6. Cálculo de la razón de producción de lodos:

$$Pl = \frac{V * X}{\theta} = \frac{3900 L * 1375 \frac{mg}{L} * 0,000001 \frac{Kg}{mg}}{5 \text{ día}} = 1 \text{ Kg/día}$$

C7. Cálculo de la razón de disposición de lodos:

$$Q_w = \frac{Pl}{X_r} = \frac{1 \text{ Kg/día} * 10^6 \text{ mg/Kg}}{5000 \text{ mg/día}} = 213 \text{ L/día}$$

Se emplea una concentración de microorganismos con un valor típico de 5000mg/día para un proceso de aireación extendida. En este punto es necesario

obtener las especificaciones del flujo de aire requerido para suministrar el oxígeno necesario en el proceso.

C8. Cálculo del oxígeno requerido:

$$RO = \frac{Q * (S_o - S)}{f} - 1.42 * Pl$$

$$RO = \frac{172800 \frac{L}{día} * (67 - 5,4)mg/L * 0,000001 Kg/mg}{0.70} - 1.42 * 1 \frac{Kg}{día}$$

$$= 14 Kg O_2/día$$

Donde “f” es un factor empleada para convertir DBO5 a DBOu; este se tomará como 0.70, y del balance aerobio se obtiene la relación 1.42 de (gr O2/gr células).

C9. Cálculo del aire requerido:

Donde se asume que el aire contiene un 21% de Oxígeno y la densidad del aire es considerada 0.075lb/ft³.

$$At = \frac{RO}{\rho_{aire} * \%O_2} = \frac{14 KgO_2/día * (1lb/0,45Kg)}{0,075 lb/ft^3 * 0,21} = 1934 ft^3/día$$

$$Are = \frac{At}{\epsilon} = \frac{1934 ft^3/día}{0.08} = 24169 ft^3/día$$

Donde ϵ es la eficiencia de transferencia por difusores que recomienda el fabricante, en este caso se empleó 80 %.

Se considera un factor estándar de f de seguridad de 1.5, de acuerdo con el Metcalf y Eddy de 2.00 con la finalidad de cubrir picos en caudal y

concentración, el mismo criterio lo emplea I.N.O.S., en sus Normas de Diseño.

Para este sistema se utilizara 1.5

$$As = Are * f = 24169 \text{ ft}^3/\text{día} * 1.5 = 36253.8 \text{ ft}^3/\text{día}$$

Se instalará un sistema de sopladores, considerando un flujo a través de cada difusor 5 cfm, se obtiene el número de difusores requerido

$$N^{\circ} \text{ difusores} = As * cfm = \frac{\frac{36253.8}{1440} \text{ ft}^3/\text{min}}{5 \text{ cfm}} = 5$$

C10. Potencia requerida en el soplador:

De acuerdo con la ecuaciones 19, 20, 21 y 22 (ver sección en la metodología 3.6 punto m) se obtienen las caídas de presión correspondientes y la potencia requerida es bastante baja como se muestra a continuación

$$P = 75 \times 10^{-6} * V$$
$$P = 75 \times 10^{-6} * \left(\frac{3,9 \text{ m}^3 * 1 \text{ gal} * 1000 \text{ L}}{3,75 \text{ L} * 1 \text{ m}^3} \right) = 0,08 \text{ Hp}$$

La eficiencia típicamente se encuentra entre 0.60-0.90, en este caso se asume de 0.7.

$$Ps = \frac{0,08 \text{ Hp}}{0,7} = 0,11 \text{ Hp}$$

C11. Lechos de secado:

Se obtiene la cantidad de lodos producidos anualmente asumiendo una operación de 250 días al año, con un porcentaje de sólidos suspendidos de 50%. Por lo que se obtienen 133 Kg/año de lodos, la carga específica de lodos empleando lámina

traslucida cubiertos CES entre 90-190 Kg sst/ m^2 *año, asumiendo a 90 Kg sst/ m^2 *año se empleará una celda de 2 m^2 , considerando un margen de sobrediseño del 50 % (ver ecuaciones 25,26 y 27 para los cálculos).

APÉNDICE D

A continuación se realizó un breve estudio del impacto ocasionado por la instalación mantenimiento y abandono del reactor biológico propuesto para el tratamiento del desecho peligroso agua de reacción; se utilizó el método de la matriz de Leopold, modificada de acuerdo a las actividades propuestas en el proyecto.

En la siguiente tabla se muestra la matriz de Leopold en la fase de instalación del reactor biológico propuesto; es importante señalar que el espacio propuesto será al lado del almacén de desechos peligrosos de la industria manufacturera de pintura; donde se dispone de un espacio de piso de cemento, cercanía a instalaciones eléctricas, suministro de agua y cercanía a tuberías dirigidas a la red de aguas negras de dicha industria.

Tabla XV. Matriz de Leopold fase de instalación.

Elementos y Características ambientales			Preparación del Terreno/Instalación																Magnitud	Importancia			
			Actividades propuestas causantes de posibles impactos ambientales		Instalación de líneas eléctricas		Instalación de líneas para agua de servicio		Construcción de dique de lecho		Instalación de equipos		Instalación de tuberías y válvulas		Utilización de montacargas		Instalación de tuberías con conexión al desague de aguas negras				Remoción de escombros		
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			M	I	
Características Físicas	Suelos	Calidad del suelo					-3	2									-3	5	-2	4	-8	11	
		Fisiografía/Geomorfología													-2	3	-4	5			-6	8	
		Capacidad de Uso					-5	2	-2	3									-3	4	-10	9	
	Agua	Calidad del agua superficial																					
		Calidad del agua Subterránea																-5	4			-5	4
		Disminución del recurso hídrico						-7	6	-4	4											-11	10
		Calidad del Aire																-3	3			-12	13
	Aire	Ruidos y Vibraciones	-3	4	-3	4	-4	3	-4	3	-4	3	-3	3	-3	3	-3	4	-2	3	-28	27	
Diversidad y abundancia de especies		-2	4														-4	3			-6	7	
Características Biológicas	Flora	Estracto herbáceos															-5	3	-3	3	-12	9	
		Diversidad y abundancia de especies																-4	3			-4	3
	Fauna	Especies terrestres y aves	-2	3																		-2	3
		Microfauna																-4	3			-4	3
		Consumo																-5	4			-5	4
Energía	Energía Eléctrica	-6	7	-3	2				-3	3	-3	3					-3	3			-18	18	
Factor socioeconómico	Empleo	Estético/Paisajístico	-2	3	-5	3	-3	3	-3	3	-3	3					-2	3			13	18	
		Económico	-6	6	-4	3	-4	5	-2	3	-6	6	-2	3	-4	3	-2	3			-30	32	
			Total																				
Total acumulado de la actividad			-21	27	-26	21	-26	22	-14	15	-15	15	-16	16	-45	42	-16	21	-148	179			
Actividad con mayor magnitud			-14		-45																		
Actividad con mayor importancia			42																				

En términos generales se detecta que esta etapa el mayor impacto será ocasionado en el elemento físico aire, ocasionado por ruido y vibraciones que se

suscitarán durante los procesos de instalación de equipos, tendido eléctrico e instalación tuberías de aguas negras; principalmente, esta etapa también incluye un impacto en el factor socio económico, ya que la empresa debe contratar personal para realizar las instalaciones pertinentes, sin embargo los equipos como bombas y tanques de acero inoxidable que fungirán como reactor biológico son activo de la empresa por lo que el proyecto representa un ahorro con la utilización de equipos disponibles; la inversión será por la adquisición del soplador, difusores y mano de obra para las mencionadas actividades presentadas en la matriz.

Se observa que la actividad con mayor magnitud y mayor importancia en esta etapa es la instalación de tuberías de agua con conexión a las aguas negras; se estima que en esta actividad se requiere realizar excavaciones que causaran impacto en el aspecto físico suelo; en cuanto a fisiografía y geomorfología principalmente; también existe un riesgo de contaminación de aguas subterráneas el cual se prevendrá utilizando mapas de las formaciones de la zona que se perforara. Así mismo las modificaciones que pudieran ocasionarse por esta actividad en el aspecto biológico; en cuanto a diversidad de especies y extracto herbáceos; serán corregidas de forma inmediata con la reforestación de las zonas que pudiesen ser afectadas durante las perforaciones.

De forma similar se realizó estudio del impacto ambiental durante las operaciones y mantenimiento del reactor biológico la matriz de Leopold para dicha fase se muestra en la tabla a continuación.

Tabla XVI. Matriz de Leopold fase de operaciones y mantenimiento del reactor biológico.

Actividades propuestas causantes de posibles impactos ambientales			Mantenimiento y Operación																								Magnitud		Importancia							
			Almacenamiento de materias primas		Transporte de materias primas (agua de reactor biológico externo)		Uso de monacargas		Uso de Agroquímicos		Llenado del reactor biológico		Proceso de reacción		Inyección de aire (soplador)		Mantenimiento de equipos (bomba y soplador)		Mantenimiento y limpieza del reactor		Limpieza de difusores		Generación de lodos orgánicos		Secado de lodos						Generación de desecho biotratado		Disposición final de lodos		Generación de desecho peligroso	
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I	M	I					M	I	M	I	M	I
Características Físicas	Suelos	Calidad del suelo	-3	2	-4	3			-4	5	-3	5					-3	5	-3	3			6	7	5	6	-2	5	5	7			-9	51		
		Fisiografía/Geomorfología					-2	3																										-2	3	
		Capacidad de Uso																						6	7	-7	5							-1	12	
	Agua	Calidad del agua superficial	-3	2					-3	6	-2	5														-3	5	-3	6	-3	6			-17	30	
		Calidad del agua Subterránea																											-4	6					-4	6
		Disminución del recurso hídrico																-5	5	-5	5	-5	5	-4	6									-19	21	
		Calidad del Aire	-6	5	-4	3	-2	3			-7	7	-7	7					-6	5	-5	5	-4	6											-60	63
Ruidos y Vibraciones			-4	3	-3	3			-4	5	-4	6	-5	7	-4	7	-4	7	-4	3	-2	3												-30	37	
Características Biológicas	Flora	Diversidad y abundancia de especies																																		
		Estracto herbáceos																																		
	Fauna	Diversidad y abundancia de especies																																		
		Especies terrestres y aves																																		
Microfauna																																				
Energía	Consumo	Combustible			-4	4	-4	4																											-8	8
		Energía Eléctrica																																		-24
Factor socioeconómico	Empleo	Estético/Paisajístico	-4	4																															-23	33
		Económico	-2	3	-5	6	-2	3	-6	5	-3	3	-6	5	-3	3	-6	5	-3	3	-2	3													-35	68
Total																																				
Total acumulado de la actividad			-18	16	-21	19	-13	16	-7	21	-24	31	-8	24	-15	22	-22	29	-23	23	-20	23	6	39	-13	37	-7	41	-2	36	-13	15	-200	392		
Actividad con mayor magnitud			6		-24																															
Actividad con mayor importancia																																				

En la matriz se observa el mayor impacto causado hacia el medio físico específicamente en la calidad del aire; y esto coincide con el elemento de mayor importancia; ya que durante las operaciones del reactor biológico, existe un impacto por la emisión de combustibles orgánicos volátiles, esto consecuencia de la naturaleza del desecho a biotratado que como se estudió posee fracciones de xileno y otras sustancias orgánicas, a su vez intervienen las emisiones ocasionadas

por el proceso de biotratamiento del desecho, consecuencia de las reacciones biológicas de degradación de la materia orgánica y la producción de gases como el CO₂, en este caso en el que la degradación es de origen aeróbico. Es importante resaltar que las metodologías aprobadas de la **United Nations Framework Convention on Climate Change** (UNFCCC) no toman en cuenta la emisión de CO₂ por considerarlo de origen biogénico, es decir que el carbono vuelve a la atmósfera de la misma forma en que hubiera ocurrido naturalmente (como CO₂). En otras palabras, el CO₂ emitido en plantas de tratamiento no debe contabilizarse como emisión antropogénica.

La actividad con mayor magnitud resulta el llenado del reactor biológico, en este proceso se considera el bombeo de agua del reactor biológico de la empresa manufacturera de químicos, uso de biofertilizantes (NPK), bombeo de desecho peligroso agua de reacción, por lo que existen varios elementos que pudiesen ser afectados, como suelos por derrame accidental, la calidad del aire por las emisiones de combustibles orgánicos volátiles, y resulta esta también una actividad con consumo eléctrico dentro del proceso por la activación del sistema de bombeo. El requerimiento energético de una planta de tratamiento de aguas residuales depende de la capacidad de la planta, de la tecnología de tratamiento, del tipo de tratamiento que se le dé al lodo generado y de otros factores locales específicos. Estudios realizados recientemente en plantas de tratamiento de lodos activados reportan que el consumo específico varía entre 30 y 60 KWh/(p.e. x año), 14 del que aproximadamente dos tercios corresponden al sistema de aireación de la unidad de tratamiento biológico aeróbico. En plantas aeróbicas

pequeñas, con capacidad de entre 1.000 y 5.000 p.e., pueden alcanzarse valores de consumo específico significativamente mayores, de hasta 150 KWh/(p.e. x año). (Kolisch, et al. 2009) (Nota: p.e.: poblador equivalente, es el que genera 60 g de DBO/día.)

Para este caso se ha diseñado medidas preventivas contempladas en la descripción de las actividades de almacenamiento, transporte y manipulación del desecho peligroso agua de reacción, desarrollada en uno de los objetivos del presente proyecto, a su vez se ha optimizado el tiempo de bombeo para que sea lo más eficiente posible, disminuyéndose así el consumo eléctrico de esta fase.

La actividad de mayor importancia es la generación del desecho biotratado, lo cual confirma la factibilidad de la ejecución de este proyecto por parte de la empresa, ya que la misma obtendrá el beneficio de procesar el desecho peligroso y dar una disposición final adecuada del mismo.

Los lodos aprovechables son provenientes de un proceso de tratamiento que puede ser reutilizado directa o indirectamente en reciclaje, compostaje y generación de energía. La mayoría de los lodos provenientes de los procesos de tratamiento aerobios y anaeróbios de las plantas de tratamiento de aguas residuales, una vez estabilizados, pueden ser utilizados como abonos, acondicionadores y restauradores de suelos. (Oropeza, N 2006). El lodo generado en el reactor biológico será de naturaleza aprovechable ya que no posee metales pesados ni ningún otro compuesto tóxico o peligroso después del tratamiento en el reactor biológico.

En Países como Dinamarca; la gran parte de los lodos estabilizados se usan como fertilizante en tierras laborales. El porcentaje de reutilización de los lodos de aguas residuales es de 72%, el 20% se destina a la incineración, y 8% se dispone. En México recientemente se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004- SEMARNAT-2002 para lodos y biosólidos, la cual establece los límites máximos permisibles de contaminantes contenidos para su aprovechamiento y disposición final (Oropeza, N 2006).

En la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos para la etapa de abandono.

Tabla XVII. Matriz de Leopold fase de abandono.

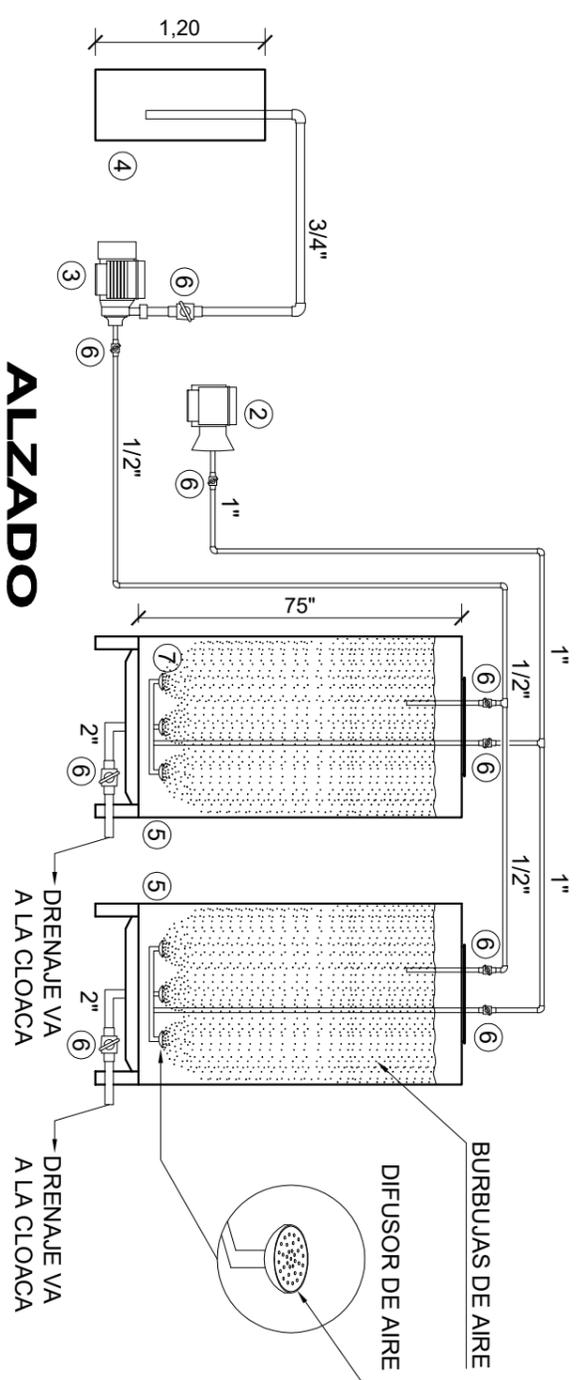
Actividades propuestas causantes de posibles impactos ambientales			Abandono												
			Desinstalación de Equipos		Limpieza de tanques del reactor		Manejo de lodos secos		Cierre de instalaciones eléctricas		Disposición final de tambores con material		Magnitud	Importancia	
			M	I	M	I	M	I	M	I	M	I			
Características Físicas	Suelos	Calidad del suelo			-3	3	5	5			-4	5	-2	13	
		Fisiografía/Geomorfología													
		Capacidad de Uso	4	4										4	4
	Agua	Calidad del agua superficial					-4	3						-4	3
		Calidad del agua Subterránea													
		Disminución del recurso hídrico					-5	5						-5	5
	Aire	Calidad del Aire	-2	3	-4	5	-4	5			-3	5		-13	18
		Ruidos y Vibraciones	-4	4	-2	3					-3	3		-9	10
Características Biológicas	Flora	Diversidad y abundancia de especies													
		Estracto herbáceos													
	Fauna	Diversidad y abundancia de especies													
		Especies terrestres y aves													
Energía	Consumo	Combustible													
		Energía Eléctrica													
Factor socioeconómico	Empleo	Estético/Paisajístico	3	3							5	5	8	8	
		Económico	2	3	-2	3	-4	6	-3	3	-5	5	-12	20	
			Total												
Total acumulado de la actividad			3	17	-19	23	-2	24	-6	6	-7	20	-31	90	
Actividad con mayor magnitud			3		-19										
Actividad con mayor importancia			24												

En esta etapa resulta afectado en mayor magnitud la característica física del elemento aire, ya que los procesos de desinstalación ocasionaran emisiones de combustibles orgánicos volátiles, a su vez habrá un consumo del recurso hídrico para las operaciones de limpieza y nuevamente se demanda un impacto económico por la contratación de mano de obra temporal para el proceso de desinstalación de equipos, tuberías y conexiones eléctricas.

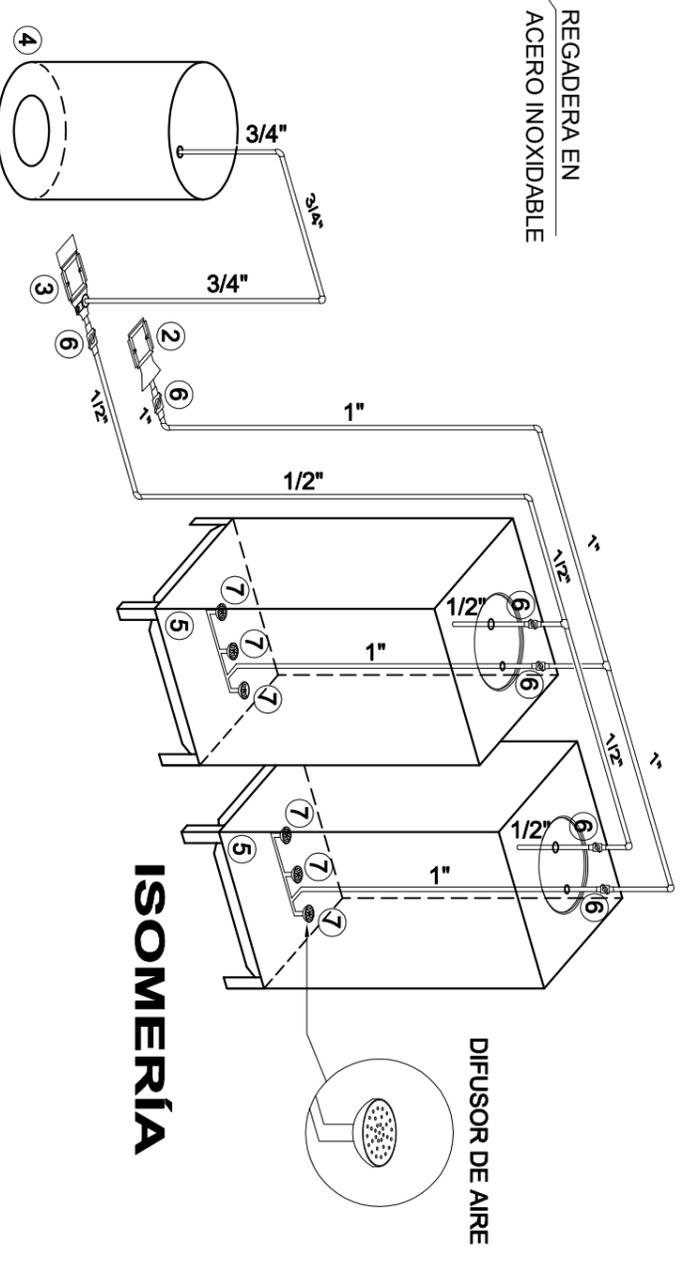
La actividad de mayor magnitud será el proceso de lavado de los tanques dispuestos como reactores biológicos, actividad que demanda consumo de agua y correcta disposición del desecho generado. La actividad de mayor importancia en esta fase será el manejo de lodos secos, una vez desinstalado el reactor será necesario definir las actividades que permitirán desinstalar las celdas de secado de lodo, asegurando la correcta y adecuada disposición de los mismos, en esta etapa se espera que ya conocida la composición de los lodos los mismos sean empleados como abono orgánico, lo cual será muy factible por la ausencia de metales pesados y alta disponibilidad de materia orgánica en los mismos.

Finalmente analizando los totales obtenidos en términos de magnitud e importancia para cada fase, la fase de operación y mantenimiento posee el mayor puntaje con una magnitud negativa de 200 y una importancia de 392 puntos. El mayor impacto del proyecto será durante el proceso operativo del reactor biológico, sin embargo lo importante es mantener las operaciones lo más optimas posibles, garantizando la menor cantidad de emisiones, evitando cualquier derrame en las operaciones rutinarias y realizando un control de las variables, para garantizar la correcta disposición de lodos, desecho biotratado y desechos peligrosos generados como tambores impregnados con material.

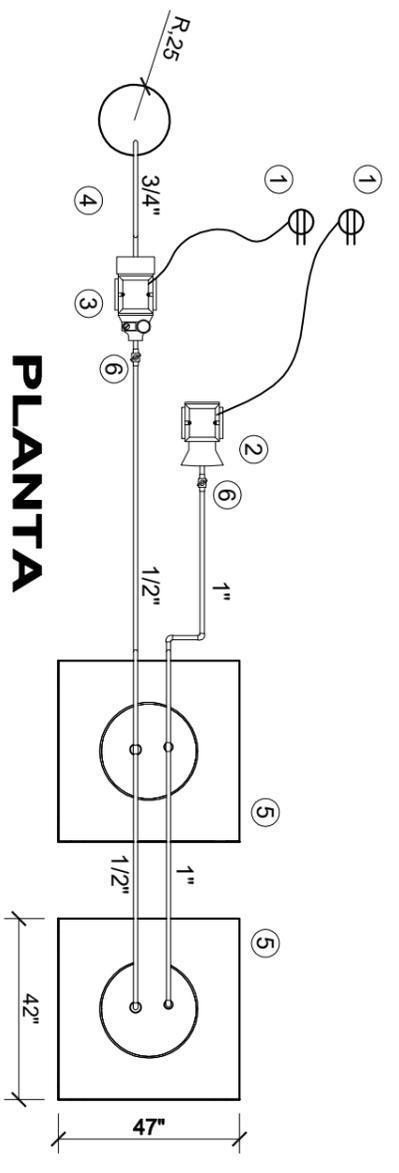
APÉNDICE E



ALZADO



ISOMERÍA



PLANTA

CARACTERÍSTICAS

- TODA LA TUBERÍA SERÁ DE ACERO INOXIDABLE
- LOS TANQUES PARA EL REACTOR BIOLÓGICO SERÁN EN ACERO INOXIDABLE DE 550 GAL. (42" x 48" x 75")

LEYENDA

- ① PUNTOS DE TOMA ELÉCTRICA
- ② SOPLADOR DE 1/4 HP
- ③ BOMBA, MOTOR 3/4 HP
- ④ TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE 200 Lts.
- ⑤ REACTOR BIOLÓGICO DE 550 GAL.
- ⑥ LLAVE DE PASO
- ⑦ DIFUSOR DE AIRE

OBRA: REACTOR BIOLÓGICO

DISEÑO:	EMPRESA:	FECHA:
ING. MAITE MARTINS	EMP. MANUF. DE PINTURAS	MAYO-2018
DIBUJO:	TERESA LANETTI	ESCALA:
		1:50

CONTENIDO: **PLANTA, ALZADO E ISOMETRÍA**

PLANO Nº **1**

APÉNDICE F



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



Los Guayos, **26** de Abril de **2018**.

Señores.

Ing MAITE MARTINS

Atnc: Sr (a). Kenny Franco

Ante todo, reciban un cordial saludo de parte de **SERAMCOR, C.A.** Empresa, especializado en el manejo de sustancias, materiales y desechos peligrosos en las actividades de Recolección, almacenamiento, tratamiento y transporte terrestre a nivel nacional.

SERAMCOR, C.A. Cuenta dentro de su equipo con profesionales en el área de manejo de desechos derivados de productos químicos, tóxicos, hidrocarburos e industriales y materiales reciclables enmarcados bajo sus reglamentos.

Con la finalidad de ofrecer a nuestros clientes un servicio de calidad que les permitan disponer de manera oportuna y eficiente de los desechos generados de los procesos productivos, en beneficio de la salud ocupacional y la protección al medio ambiente; industrias micro y macro, aeropuertos, puertos y muelles. Cumpliendo con el régimen legal establecido por la República Bolivariana de Venezuela, Ministerio de Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas e Insalud.

- ✓ *Inscrita en el Registro De Las Naciones Unidas Global Mundial bajo el N° 460470. (Your UNGM Number 460470).*
- ✓ Inscrita y Autorizada en el Registro de actividades Capaces de Degradar el ambiente bajo el N° **M-RTSMDP-AI-Tr-NC-2003-0100** como empresa Manejadora de Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos a nivel Nacional otorgado por el Ministerio de Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas.
- ✓ Registro N° **G-07-2010-1818**, para la actividad de Mantenimiento de Pozos Sépticos y Aguas Negras (Aguas Servidas), Mantenimiento de Tanquillas de Aguas de Lluvias



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



y Transporte de lodos No Peligrosos (Biológicos y Químicos) emitido por Ministerio de Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas.

- ✓ Registro N° **MR-GUA-2009-0020**, para el Transporte y Almacenamiento de Mercancía Reciclable de Materiales No Peligrosos; emitido por la Dirección de Coordinación de ambiente de la Alcaldía de Los Guayos.
- ✓ Licencia N°**2014LIC0574**; emitido por el Registro Nacional Único de Operadores de Sustancias Químicas Controladas, (**RESQUIMC**) para almacenar y transportar sustancias controladas bajo el Régimen Legal N° 4.
- ✓ Registro N° **1146-EQ-CA** emitido por la Dirección de Armas y Explosivos (**DAEX**) como usuaria de material químico bajo el Régimen Legal N° 7.
- ✓ Permiso emitido por el Instituto Nacional de los Espacios Acuáticos, registrado bajo el N° **08, Folio 08 del Libro 01**, como empresa Certificadora para el manejo de los desechos generados por buques de Bandera Nacional e Internacional que operen en los diferentes puertos del País; como empresa Certificadora para el Sector Marino
- ✓ **Autorización sanitaria del camión vacuum** para el transporte de lodo no peligroso (biológicos y químicos) bajo el N° **SIS-1063-15**.
- ✓ Registro de operadores de transporte de carga (**ROTC**) bajo el N° **1029** de nuestra flota.
- ✓ Constancia de revisión técnica parcial (**vehículos que transportan mercancía de alto riesgo clase 2,3,4,5,8 y 9**).

En cumplimiento con lo establecido en la **Ley 55, Decreto 2635** sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos basándonos en el **Art. 9** y dando acatamiento a lo establecido en la **Resolución 000073** publicada en gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela N° **39.864**.



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



OFERTA TÉCNICA.

Servicio de: **TRANSPORTE Y MANEJO DE DESECHOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSO.**

Se realizara tomando como punto de partida lo establecido lo establecido en la ley sobre sustancias, materiales y desechos peligrosos, publicada en gaceta oficial N° 5.554 extraordinario de fecha 13-11-01, artículos 27,29 y 30, la actividad de transporte de sustancias y materiales peligrosos debe realizarse en condiciones que garantice su traslado seguro y garantizando la prevención y atención a riesgos que puedan causar a la salud y al ambiente.

INCLUYE:

- 01 SEGURIDAD INDUSTRIAL.**
- 01 SUPERVISOR.**
- 01 OPERARIOS.**
- 01 CHOFERES.**
- 01 VEHICULOS:**

RETIRO DE SUS INSTALACIONES

OTROS:

- ❖ Equipos de protección personal
- ❖ Recolección y Transporte en camión desde su planta **MARACAY.**
- ❖ Almacenamiento en nuestra planta.
- ❖ Tratamiento, filtración y adecuación en nuestra planta **Valencia.**
- ❖ Transporte desde nuestra planta hasta disposición final adecuada.
- ❖ Permisología del M.I.N.E.A.
- ❖ Guías y reportes del M.I.N.E.A.
- ❖ Seguro ambiental.

CONDICIONES DE SERVICIO:



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



- *Se necesita ficha técnica del desecho o hoja de seguridad de cada sustancia a transportar, elaboradas de acuerdo a las normas COVENIN 3059, materiales peligrosos, (HDSM), la guía de despacho correspondiente denominación del grupo de mercancías, la clase y número ONU. (Ver nuestro RACDA, Ítem N°4).*
- *Sobre los riesgos comprobados o no a la salud y al ambiente, medidas de protección recomendada para su uso y manejo, así como los procedimientos de primeros auxilios en caso de emergencia. (Ver nuestro RACDA, Ítem N° 8).*
- *La empresa debe cumplir con las medidas de seguridad propuestas, vigilando que no produzcan fugas, derrames, pérdidas ni incidentes o accidentes que puedan liberar la carga, contaminar el ambiente y causar daños a la salud, así como la permanencia de un supervisor de la empresa, durante las operaciones de manejo de sustancias, materiales y/o desechos peligrosos, a los fines de que se responsabilice y garantice que no ocurran derrames. De ocurrir alguna contingencia o accidentes donde estén involucradas sustancias, materiales o desechos peligrosos, la empresa deberá remediar y solucionar cualquier problema de contaminación ambiental que pueda generar durante sus actividades y notificar inmediatamente a las autoridades competentes. (Ver nuestro RACDA, Ítem N° 2).*
- *El transporte de sustancias, materiales y desechos peligrosos se llevara a cabo cumpliendo con las siguientes medidas, de acuerdo con lo establecido en la reglamentación técnica que rige la materia: Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos (**gaceta oficial N° 5.554 Extraordinario de fecha 13 de Noviembre 2001**), Ley de Transporte Terrestre (**Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, N° 39.985 de fecha 01 de Agosto de 2009**) y al **Decreto 2635** sobre Normas para el control de la recuperación de materiales peligrosos y el manejo de los desechos peligrosos (**Gaceta Oficial Extraordinaria N° 5.245 del 03 de Agosto de 1998**). (Ver nuestro RACDA, Ítem N° 7).*
- *El transporte de sustancias o materiales peligrosos deberá realizarse en condiciones que garanticen su traslado seguro, cumpliendo con las disposiciones de la Ley y las establecidas en reglamentación técnica. (Ver nuestro RACDA, Ítem 7).*



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



- Deberán portar los documentos exigidos por otros organismos del Estado, cuando los materiales transportados estén controlados por motivo de seguridad, defensa u otros restringidos. (**Ver nuestro RACDA, Ítem 7**).
- El transportista solo aceptara para el traslado de aquellas mercancías adecuadamente envasadas, rotuladas, etiquetadas y marcadas de acuerdo la correspondiente clasificación y los tipos de riesgos. Previo aceptar cualquier carga debe verificar que el expedidor haya cumplido con sus obligaciones en cuanto al acondicionamiento del material o sustancia a transportar, y aquellos otros aspectos que estén contemplados en normas específicas sobre algunas sustancias materiales. (**Ver nuestro RACDA, Ítem 5**).
- Si la carga no cumple con las exigencias de mínimas del Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, Hábitat y Vivienda tales como adecuadamente envasadas, rotuladas, identificadas y marcadas de acuerdo con la correspondiente clasificación y los tipos de riesgo, se cobrará el **100 %** del costo del flete según tabulador **SERAMCOR, C.A.**
- Esta oferta aplica al desecho peligrosos escritos anteriormente almacenados en su planta.
- *Al momento de retirar el producto, los tambores deben estar en buenas condiciones para ser transportados sin riesgo alguno, tapados, limpios e identificando el contenido.*
- **Capacidad de Carga establecida para los tanques y/o vehículos.**

CLASE	TIPO	CAPACIDAD DE TAMBORES DE LIQUIDO	CAPACIDAD DE TAMBORES DE SOLIDO
CAMION	PLATAFORMA	26	26
CAMION	PLATAFORMA	32	32
CAMION	PLATAFORMA	40	40
CAMION	CAVA	20	20
REMOLQUE	BATEA	80	80
REMOLQUE	BATEA	80	80



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



CLASE	TIPO	CAPACIDAD MINIMA DE CARGA.
CAMION	CISTERNA 12.000 LTS	10.000 LTS
REMOLQUE	TANQUE 25000 LTS	20.000 LTS
REMOLQUE	TANQUE 32000 LTS	27.000 LTS
REMOLQUE	TANQUE 36000 LTS	30.000 LTS
SEMI-	VACUMM 25.000 LTS	20.000 LTS

CLASE	MEDIDA	CAPACIDAD DE CARGA.
CAMION 711	RIN 13 AL 18 (AUTOMOVIL)	150 CAUCHOS
CAMION 711	RIN 20 AL 22.50 (CAMIONES)	40 CAUCHOS
CARGO 815	RIN 13 AL 18 (AUTOMOVIL)	166 CAUCHOS
CARGO 815	RIN 20 AL 22.50 (CAMIONES)	60 CAUCHOS
FVR 750	RIN 13 AL 18 (AUTOMOVIL)	200 CAUCHOS
FVR 750	RIN 22 AL 22.50 (CAMIONES)	80 CAUCHOS
GANDOLA	RIN 13 AL 18 (AUTOMOVIL)	500 CAUCHOS
GANDOLA	RIN 22 AL 22.50 (CAMIONES)	150 CAUCHOS.



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



OFERTA COMERCIAL

A continuación, presentamos la oferta para la parte interesada, *Ing. Maite Martins*

De acuerdo a su solicitud.

SERVICIO DE RECOLECCION DE DESECHOS INCLUYE:	ITEM.	DESCRIPCION DE SERVICIO.	CANT.	PRECIO UNITARIO	TOTAL
✓ RETIRO. ✓ HOJAS DE SEGUIMIENTO Y TRANSPORTE ✓ ALMACENAMIENTO. ✓ ADECUACION. ✓ DISPOSICION FINAL. ✓ CERTIFICADO DE DISPOSICION FINAL.	1.1	RETIRO DE TAMBORES DE 200 LTS CONTENATIVOS DE AGUA DE REACCION	4000 LTS	Bs. 123.510,38	Bs. 494.041.520,00
	1.2	✓ PÓLIZA DE SEGURO AMBIENTAL ✓ LOGÍSTICA ✓ FLETE (DF)	1	Bs. 21.901.552,20	Bs. 21.901.552,20
					TOTAL

*****DE EXISTIR ALGUN EXCEDENTE EL MISMO LE SERA FACTURADO.*****

❖ ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA.

❖ OFERTA VALIDA POR (02) DIAS.

CONDICIONES ADMINISTRATIVAS.

- ❖ PAGO DE CONTADO
- ❖ Los precios no incluyen IVA.

CONDICIONES DE SERVICIO

- ✓ Enviar:



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



- **CARACTERIZACIÓN** de: (Aguas y Lodos) exigido por el M.I.N.E.A.
- **HOJA DE SEGURIDAD** de: (Desechos de Laboratorio).
- **PERMISO** de Sustancias Controladas:
Resquimc- Daex.
 - ✓ Oferta valida solo con servicio en **RUTA.**
 - ✓ Si requiere el servicio con carácter de **URGENCIA** deberá cancelar un flete adicional.
 - ✓ Esta oferta aplica al desecho peligrosos escritos anteriormente almacenados en su planta.
 - ✓ Al momento de retirar los desechos, los tambores deben estar en buenas condiciones para ser transportados sin riesgo alguno, tapados, limpios e **identificando** el contenido. (Ver Anexo 1).

Ley N° 55 (Nov. 2001) “Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligroso”
(Artículo 6), Según: **Título VII De Las Sanciones:**(Artículo 78), (Artículo 82).

- *Se debe tener prioridad en el tiempo de carga, pues se pagará adicionalmente un costo por hora que el camión este en ocio.*
- *El tiempo de carga y/o descarga no debe exceder de 1:30 horas.*



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



CONDICIONES DE CARGA:

COSTO POR HORA ADICIONAL:

Camión 711.....	5.129.784,00 Bs. Por hora adicional.
Camión tipo Cargo815.....	5.643.122,00 Bs. Por hora adicional.
Camión FVR o Cisterna.....	6.229.418,00 Bs. Por hora adicional.
Batea o Tanque.....	7.035.578,00 Bs. Por hora adicional.

COSTO ADICIONAL CUANDO SE EXCEDA DE

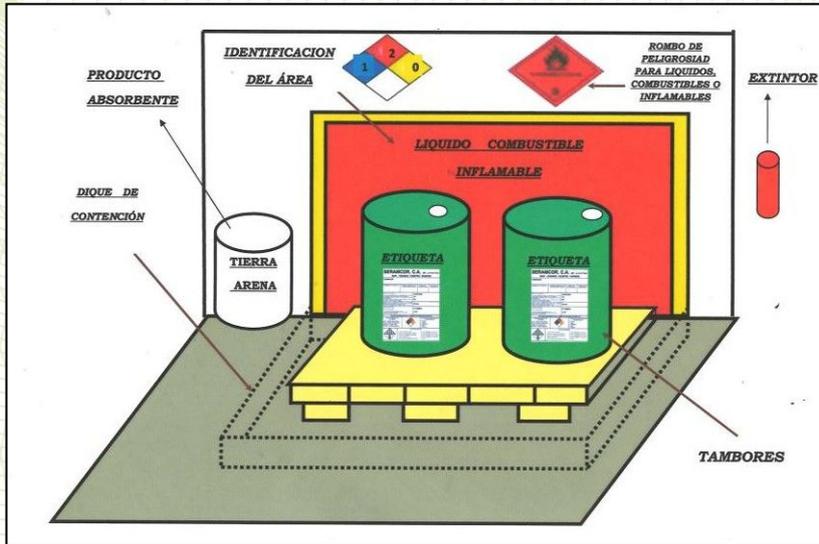
3:00 HORAS:

Camión 711.....	4.397.236,00 Bs. Por hora adicional
Camión tipo Cargo815.....	5.129.784,00 Bs. Por hora adicional.
Camión FVR o Cisterna.....	5.862.983,00 Bs. Por hora adicional.
Batea o Tanque.....	9.411.986,00Bs. Por hora adicional.

DESECHO PELIGROSO: Material simple o compuesto, en estado sólido, líquido o gaseoso que presente propiedades peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas que conserva o no sus propiedades físicas, químicas o biológicas y para el cual no se encuentra ningún uso por lo que debe implementarse un método de disposición final. El término incluye los recipientes que contienen o los hubieren contenido. Artículo 8, Numeral 5, "LEY SOBRE SUSTANCIAS, MATERIALES Y DESECHOS PELIGROSOS". Gaceta Oficial N° 5.554 Extraordinaria de fecha 13 de noviembre de 2001.



ANEXO 1



Área de almacenamiento de desechos peligrosos.

se requiere realizar un área techado, con protección para derrame, con un borde que contenga la altura de dos bloques alrededor del área sin que entorpezca el acceso, se debe de identificar con nombre y

rombo de la **NFPA 704**., debe tener extintor y producto absorbente como tierra (*prohibido aserrín es inflamable*) en caso de algún derrame y envase vacío para la recolección del desecho recolectado.

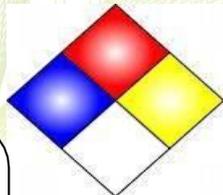
CLASIFICACION DE LAS SUSTANCIAS QUIMICAS ROMBO DE NFPA 704

SALUD

- 4.- MUERTE
- 3.- LESIONES PERMANENTES
- 2.- LESIONES QUE TARDAN CIERTO TIEMPO EN CURARSE
- 1.- LESION O INHABILITACION TEMPORAL
- 0.- NO OFRECE PELIGRO

INFLAMABILIDAD

- 4.- EXTREMADAMENTE INFLAMABLE
- 3.- INFLAMABLE A TEMPERATURA NORMAL
- 2.- INFLAMABLE AL CALENTARSE
- 1.- INFLAMABLE AL CALENTARSE CONSIDERABLEMENTE
- 0.- MATERIAL NO COMBUSTIBLE



PELIGROS ESPECIALES

OX	OXIDANTE
W	REACCIONA CON AGUA
COR	CORROSIVO
ALK	ALCALINO
	RADIOACTIVO

REACTIVIDAD

- 4.- EXPLOTA A TEMPERATURA NORMAL
- 3.- EXPLOTA BAJO CHOQUE Y CALOR
- 2.-REACCIONA VIOLENTAMENTE A TEMPERATURAS Y A PRESION ELEVADAS, PERO NO EXPLOTA
- 1.- INESTABLES CON OTROS A TEMPERATURAS ELEVADAS
- 0.- ESTABLE



SERAMCOR, C.A.
RIF: J-31121176-4



Todos los ítems deben estar cubiertos o marcados.

Firma y sello conforme: _____

Nombre apellido _____ y cargo _____

Fecha _____ hora _____

NOTA: favor confirmar la recepción de este e-mail según sea el caso y devolverlo firmado por la persona que se hará responsable del servicio, aceptando las condiciones de la cotización.

Favor enviar orden de compra para realizar el servicio.

De ser aprobada nuestra oferta de servicios, agradecemos informar por escrito y firmado por la persona que se hará responsable del servicio, aceptando las condiciones de esta cotización, en lapso de tiempo prudencial por el telf.: **0424-4020495 / 0424-4711105** y/o correo electrónico **parillithais@gmail.com / thailin.seramcor@hotmail.com** asignándonos, numero de requisición u orden de compra, debidamente aprobada. Anexar información fiscal, dirección, RIF.

Sin más a que hacer referencia y en espera de que este sirva para el mejoramiento de nuestro ambiente, queda de Ud.

Atentamente

SERAMCOR, C.A.
Rif.: J-31121176-4

THAILIN PARILLI
ASESOR AMBIENTAL
0424-4020495-0424-4711105

*“La mejor herencia que podemos dejarle a nuestros hijos es: Amor,
Conocimiento y un Planeta en el que Puedan Vivir
#PlanetaTeQuieroVerde”*



ZJ Soluciones Industriales, C.A.

Calle 1-A Edf. Res. Arco Iris P-3,
Apto. Nro. 3-4, Urb. Base Aragua
Maracay - Edo. Aragua - Z.P. 2102
Telf.: 0243 - 232.27.24

FORMA LIBRE

OFERTA No. 0045

Cliente	
Razon Social	MAITE MARTINS
RIF	16.551.239
Domicilio Fiscal	

Varios	
Fecha	15.05.2018
Orden de Compra	
Contacto	MAITE MARTINS
Teléfono	0414 1505542
Fax	0414 1505542

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio unitario \$	Total \$
1	UND	SOPLADOR DE 1/4 DE HP CONEXIONES NPT DE 1 PULGADA CAUDAL 34 CFM	145,00	145,00
1	UND	BOMBA DE DOBLE DIAFRAGMA PUERTOS NPT 1/2 PULGADA CAUDAL 17,5 GPM MATERIAL RESISTENTE A CORROSION	255,00	255,00

TOTAL \$ 400,00

Pago	
Condición de Pago	CONTADO
Forma de pago	TRANSFERENCIA
A nombre de	JUAN JOSE MURILLO
Banco	CHASE BANK
Tipo cuenta	REGULAR SAVING
No. Cuenta	



ZJ SOLUCIONES
INDUSTRIALES, C.A.
RIF J-29603345-5

ESTA FORMA LIBRE VA SIN TACHADURA NI ENMENDADURA

Impreso por VENGRAFICA C.A. - Av. Guacapuro entre Calles 8 y 9 Nº 61-A, La Barraca - Maracay, Teléfono (0243) 232.54.82 - RIF: J-30794561-9 - NI: 170301-1 Nro. Provisoria:
SENAT/10/00129DEL/11/02/2008 - 10 Talcianos Forma Libre - 50X3 - Nº Control desde el Nº 00-000001 hasta el Nº 00-000600 - Fecha de Impresión: 18/11/2008. Región Central.

Nº CONTROL 00 - 000397

COPIA: Sin Derecho a Crédito Fiscal



SERVICIOS INDUSTRIALES SEAL, C.A

Teléfonos: 0414-4885162/ 0416-8485194/ 0244-6351006

Correo electrónico: sealca2016@hotmail.com/ sealca@gmail.com

Dirección: c/4 casa 82 Urb. Palmas I Prados de la Encrucijada, Cagua Edo Aragua

Cagua, 22 de mayo de 2018

COTIZACIÓN

Sres.: Maite Martins

C.I.: 16.551.239

Asunto: Acometida para reactor biológico

Requisición:

Sirva la presente para hacerles llegar nuestra oferta por:

:

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
1	Suministro e instalación de tuberías eléctricas para conexión de bomba y soplador	50,00\$	50,00\$
1	Suministro e instalación de tuberías de $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y 1"	50,00\$	50,00\$
1	Suministro e instalación de válvulas y accesorios de $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y 1"	50,00\$	50,00\$
Total			150,00\$

Nota:

Oferta valida por 3 días.

Me despido Cordialmente,

Aldo R. Sequera
Gerente General