



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS Y
BIOTECNOLOGÍA CARRERA DE INGENIERÍA BIOQUÍMICA



“Desarrollo de un estudio de estabilización de residuos peligrosos para los laboratorios de la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB)”

Proyecto de Trabajo de Titulación, Modalidad: Proyectos de Investigación, previo la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología.

Autor: Wilmer Edison Tene Moyolema
Tutor: Dr. Ing. Rodny David Peñafiel Ayala

AMBATO-ECUADOR
Septiembre - 2022

APROBACIÓN DEL TUTOR

Dr. Ing. Rodny David Peñafiel Ayala

CERTIFICA

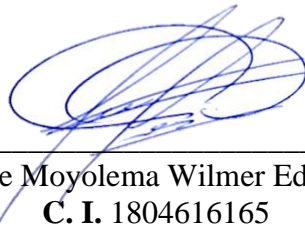
Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ciencia e Ingeniería de Alimentos y Biotecnología.

Ambato, 01 de agosto del 2022.

Dr. Ing. Rodny David Peñafiel Ayala
C.I. 171228352-0
TUTOR

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Wilmer Edison Tene Moyolema, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previo a la obtención del título de Ingeniero Bioquímico, son absolutamente originales, auténticos y personales, a excepción de las citas bibliográficas.



Tene Moyolema Wilmer Edison

C. I. 1804616165

AUTOR

APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos Profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:

Dr. Dra. Liliana Alexandra Cerda Mejía

1804148086

Químico. Lánder Vinicio Pérez Aldaz

1802706596

Dr. William Ricardo Calero Cáceres

1714348859

Ambato, 29 de agosto de 2022

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Trabajo de Titulación o parte de él, como documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



Tene Moyolema Wilmer Edison
C. I. 1804616165
AUTOR

DEDICATORIA

*Dedicado a Dios padre creador,
amigo incondicional,
pilar de mi vida para marcar mi norte
y mis pasos, permitiéndome encontrar en
el camino su gracia y voluntad
de manera sobrenatural.*

*A mis padres Juan Tene, Elsa Moyolema
y Tiphany Tene quienes han sido
mi soporte, mi guía, mi motor y mis razones
para poder avanzar y seguir cumpliendo más metas.*

*A Esther Alcoser por ser una amiga incondicional,
quien, con su amor, paciencia,
cariño y visión me dan razones
para seguir cumpliendo más metas a su lado,
siendo mejores cada día, bajo la voluntad del Dios*

*Con mucho cariño les dedico este
magno objetivo en mi vida.*

Wilmer Edison Tene Moyolema

AGRADECIMIENTOS

Desde lo más profundo agradezco a Dios, por bendecirme con la vida, salud y mi familia. Y la bella oportunidad en tener esta hermosa carrera en mi vida, ya que el hombre planea su futuro, pero Dios le marca el rumbo.

Agradezco a mis padres Juan Tene y Elsa Moyolema, por su apoyo incondicional y su amor infinito. Sus palabras, oraciones y ejemplo me ayudaron a llenarme de valores y razones para seguir adelante, luchar por mis sueños y no rendirme hasta conseguirlo.

A la facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología por brindarme las herramientas y conocimientos necesarios para forjar mis conocimientos y abrirme sus puertas a poder dar un aporte investigativo. A los docentes quien con sus cátedras me ayudaron a llenarme de más hambre de conocimiento.

Un agradecimiento especial y sincero al Dr. Rodny Peñafiel, por ser un excelente docente y tutor, pues con su paciencia, conocimientos y demás sumaron grandes avances para poder realizar el presente trabajo.

A los docentes parte del miembro de jurado de tesis, por dedicar su tiempo, su análisis y comentarios de mejora para el desarrollo del presente proyecto.

A todos mis amigos que fueron parte de este hermoso camino, quienes con su amistad aportaron a que la consecución de este objetivo sea una experiencia inolvidable.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
DECLARACION DE AUTENTICIDAD.....	III
APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
AGRADECIMIENTOS	VII
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes investigativos	1
1.1.1La generación de desechos a nivel global	1
1.1.2 La generación de desechos en Latinoamérica	1
1.1.3La generación de desechos en Ecuador.....	3
1.1.4 La contaminación	3
1.1.5 Normativa ambiental.....	3
1.1.6. Los residuos o desechos	6
1.1.7. Gestión de Residuos peligrosos	11
1.1.8. Tratamientos para residuos Peligrosos.....	12
1.1.9. Alternativas de tratamiento	17
1.1.10. Método TCLP	18
1.2 Objetivos	18
1.2.1 General	18
1.2.2 Específicos	18
CAPÍTULO II.....	20
METODOLOGÍA	20
2.1 Materiales	20
2.1.1 Materia Prima.....	20
2.1.2 Materiales de laboratorio, equipos y reactivos.....	21
2.2. Métodos.....	22
CAPÍTULO III.....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
3.1 Análisis y discusión de los resultados	33
3.1.1 Generación de inventario	33
3.1.2 Caracterización físico-química inicial de los residuos peligrosos de la FCIAB	38

3.1.3 Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica (EAA).	42
3.1.4 Resultados del proceso de estabilización-solidificación de los residuos LACONAL, académicos e investigación.	44
3.1.5. Tratamiento con oxidación avanzada.....	48
CAPITULO IV.....	54
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	54
4.1 CONCLUSIONES	54
4.2 RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA	57
ANEXOS	67

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Generación de residuos en América Latina	2
Tabla 2.	Normativa en Ecuador de desechos peligrosos	5
Tabla 3.	Clasificación de los residuos	7
Tabla 4.	Laboratorios de la FCIAB	10
Tabla 5.	Tecnologías de estabilización – solidificación.....	15
Tabla 6.	Información de los residuos	20
Tabla 7.	Equipos a usarse en el laboratorio.....	21
Tabla 8.	Descripción de materiales de laboratorio	22
Tabla 9.	Preparación de muestras, estándares y blanco para determinación de DQO	26
Tabla 10.	Tratamientos para solidificación del residuo acuoso	28
Tabla 11.	Tratamientos de oxidación avanzada con fenton	30
Tabla 12.	Residuos Peligrosos FCIAB.....	33
Tabla 13.	Caracterización química de residuos peligrosos FCIAB	38
Tabla 14.	Determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica	42
Tabla 15.	Resultados de caracterización química de residuos acuosos estabilizados	44
Tabla 16.	Resultados de OA con fenton.....	48

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Diagrama de bloques del procedimiento de estabilización/solidificación.	15
Figura 2.	Reacción de proceso de oxidación avanzada con fenton	18
Figura 3.	Equipo para determinación de DQO	25
Figura 4.	Modelo escala de tratamiento con columnas de filtración.	31
Figura 5.	Residuo antes del tratamiento OA con fenton.....	52
Figura 6.	Residuo después del tratamiento OA con fenton y PTAR.....	52

RESUMEN

La generación actual de desechos ha incrementado de manera proporcional al crecimiento de la población. De estos el sector universitario es uno de los cuales generan desechos por el uso de laboratorios, lo cuales al no tratarlos representan un peligro inminente hacia el medio ambiente.

Por lo cual el presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio de estabilización-solidificación de residuos peligrosos de los laboratorios de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Perteneciente a la Universidad Técnica de Ambato. Donde se generó un inventario clasificando a los residuos en tres grandes grupos como son: residuos de laboratorios LACONAL, investigación y académicos. Adicionalmente, se estimó que la producción anual de los residuos fue de 948 kg. Dichos residuos fueron tratados mediante un procedimiento de estabilización–solidificación a base de cemento tipo portland puzolánico y cal. Con lo cual se elaboraron 4 diferentes tratamientos con diferentes proporciones de cemento, cal y residuo. Obteniendo los siguientes tratamientos favorables. Para el residuo LACONAL el cuarto tratamiento, para los residuos de laboratorios académicos el segundo tratamiento y para los residuos de laboratorios académicos el cuarto tratamiento. Adicionalmente, se realizó un tratamiento de oxidación avanzada con uno de los residuos donde se obtuvo resultados favorables disminuyendo la DQO en un 91 por ciento, sin embargo, al tratar de escalar este proceso e intentar tratar todos los residuos se obtuvo un porcentaje de remoción del 65 por ciento, recomendando el uso de un tratamiento adicional.

Palabras claves: gestión ambiental, gestión de residuos, aguas residuales, desechos peligrosos, tratamiento de aguas, TCLP, estabilización-solidificación, oxidación avanzada, Fenton.

ABSTRACT

The current generation of waste has increased proportionally to population growth. Of these, the university sector is one of which generates waste from the use of laboratories, which by not treating it represents an imminent danger to the environment.

Therefore, this project aims to carry out a study of stabilization-solidification of hazardous waste from the laboratories of the Faculty of Science and Engineering in Food and Biotechnology. Belonging to the Technical University of Ambato. Where an inventory was generated classifying waste into three large groups such as: waste from LACONAL laboratories, research and academics. Additionally, it was estimated that the annual production of waste was 948 kg. Said residues were treated by means of a stabilization-solidification procedure based on pozzolanic portland cement and lime. With which 4 different treatments were elaborated with different proportions of cement, lime and residue. Obtaining the following favorable treatments. For LACONAL waste, the fourth treatment, for academic laboratory waste, the second treatment, and for academic laboratory waste, the fourth treatment. Additionally, an advanced oxidation treatment was carried out with one of the residues, where favorable results were obtained, reducing the COD by 91 percent, however, when trying to scale this process and try to treat all the residues, a removal percentage of 65 was obtained percent, recommending the use of an additional treatment.

Keywords: environmental management, waste management, wastewater, hazardous waste, water treatment, TCLP, stabilization-solidification, advanced oxidation, Fenton.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

1.1.1 La generación de desechos a nivel global

La constante evolución tecnológica, las actividades industriales y los servicios de comercio han sido factores que a la par de su crecimiento hacen que incremente la cantidad de residuos o desechos generados por dichas actividades. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RAE), se define como un residuo producto de una modificación de su uso durante un proceso de manufactura o servicio y por cualquier razón no tiene otra utilidad dentro de la cadena, debido a sus características o propiedades. Datos del Banco Mundial se estima una producción de desechos global de 2.590 millones de toneladas para el 2030 y para el 2050 un incremento del 70% (*Informe del Banco Mundial*, 2018). Esta tendencia en crecimiento hace pronosticar que la cantidad de residuos incremente de forma proporcional al crecimiento de la población, según estimaciones del Banco Mundial y el programa de la Naciones Unidas.

Toda esta gran cantidad de residuos ha ocasionado que nuestro medio ambiente se vea mermado a lo largo de los años notándose así grandes cambios en nuestro entorno debido a la contaminación no tratada por el ser humano (Forero & Enríquez, 2015). Uno de los impactos de la contaminación es en el agua fresca, donde alrededor de 1800 millones de personas en el mundo consumen agua contaminada con heces fecales (Bain et al., 2014).

1.1.2 La generación de desechos en Latinoamérica

De acuerdo con datos estadísticos del Programa de Naciones Unidas (2018), la región de América Latina y el Caribe generan el 10% de los desechos generados a nivel mundial. Factor que, sumado a su carencia en procesos de tratamiento o programas de gestión en residuos, enfrenta graves problemas en índices de

contaminación y peligrosidad hacia la población y su entorno. A continuación, en la tabla N°1 se detallan la generación de residuos en América Latina:

Tabla 1. Generación de residuos en América Latina

País	N° de habitantes	Generación de residuos municipales	Año
Argentina	42.981.515	17.910.550	2014
Bolivia	10.724.705	2.219.052	2015
Brasil	205.962.108	79.889.010	2015
Chile	17.910.000	7.530.879	2009
Colombia	48.653.000	13.475.241	2011
Cuba	11.303.687	2.692.692	2007
Ecuador	16.144.368	5.297.211	2015
México	125.890.949	53.100.000	2015
Perú	30.973.354	8.356.711	2014
Puerto Rico	3.473.181	4.170.953	2015
República Dominicana	10.528.394	4.063.910	2015
Uruguay	3.431.552	1.260.140	2015
Venezuela	29.893.080	9.779.093	2012

Fuente: Kaza et al. (2018)

Toda esta generación de residuos ha provocado efectos cada vez más agudos, tal es el caso de Colombia donde aproximadamente el 64% de la población presenta el riesgo de consumo de agua contaminada, lo cual conlleva a escenarios donde la población y sobre todo la infantil tenga problemas de diarrea, desnutrición aguda y crónica, al punto que afecte al desarrollo psicomotor. Estos problemas son más visibles en áreas rurales donde no existe acceso a agua potabilizada y la contaminación ha dejado huella sus vertientes (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

1.1.3 La generación de desechos en Ecuador

Ecuador en 2014 generó alrededor de 58,829 toneladas semanales de residuos, del cual solo el 20% se ha tratado de manera correcta. El sobrante es decir el 80% se lo ha dispuesto en: ríos, vertederos a cielo abierto y botaderos controlados. Actualmente se pronostica que la situación sea igual debido a una mala cultura ambiental. Datos del último censo de la población y vivienda del año 2010, mostró que el 77% de los hogares en Ecuador eliminan los desechos en carros recolectores, mientras que el 23% solo se deshace de los residuos en quebradas, ríos, terrenos baldíos botados sin control (Izquierdo, 2021).

1.1.4 La contaminación

Se define como contaminación a toda sustancia que por su aumento o disminución en la naturaleza ocasiona efectos negativos en ella y todos sus ecosistemas del medio. Dentro de la contaminación total se encuentran sectores estratégicos como el industrial, automotriz, de servicios y también las instituciones productivas como las educativas (*Colina - TIPOS DE CONTAMINACIÓN, SUS FUENTES Y EFECTOS EN E.pdf*, s. f.).

1.1.4.1 La contaminación Hídrica

Entre los entes más afectados a nivel mundial está el agua, ente afectado por las descargas sin tratamientos hacia los cuerpos de agua dulce. Dentro de estas descargas se encuentran agentes contaminantes como microorganismos, sustancias químicas simples o complejas, residuos tóxicos industriales, fertilizantes, insecticidas (Gómez, 2018).

1.1.5 Normativa ambiental

Convenio de Basilea

Todo este constante incremento de contaminación ha preocupado a la mayoría de naciones por lo cual, en marzo de 1989, en Basilea-Suiza, alrededor de 179 países que hacían parte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), suscribieron el convenio de Basilea el cual tiene como objetivo precautelar la salud humana y

el medio ambiente de los efectos nocivos de los residuos peligrosos que se generen de las actividades cotidianas del ámbito industrial y de servicios (IDEAM, 2017). Ecuador ratificó el convenio de Basilea a partir de febrero de 1993 con el fin de brindar un control de la movilidad de los desechos peligroso y su eliminación, uniéndose así al objetivo de proteger el ambiente y la salud de las personas (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2015).

Convenio de Estocolmo

Este convenio fue establecido con la finalidad de dar protección al ambiente y del ser humano, evitando la generación o uso de los contaminantes orgánicos persistentes (COPs), mismos que son elementos que poseen una combinación de propiedades físicas y químicas la cual hace que permanezcan intactos una vez liberados al ambiente durante tiempos muy largos. Ecuador ratificó el convenio en junio de 2004 para un mayor control y protección con el ambiente (Echeverría, 2013).

Convenio de Rotterdam

Este convenio fue establecido por varias naciones con el objetivo de brindar herramientas informativas para el mejor aprovechamiento de sustancia químicas y sus peligros potenciales. Con lo cual puedan eliminar depósitos de plaguicidas caducos y se pueda gestionar de manera óptima los productos químicos. Ecuador ratificó este convenio en mayo de 2004 (Echeverría, 2013).

Normativa ambiental local

Ecuador ante el compromiso de salvaguardar al ser humano y su entorno, ha realizado leyes mediante la constitución. Por ello en 1998 en la segunda sección Medio Ambiente, el artículo 86 establece que el estado cuidará el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y equilibrado ecológicamente, donde se garantice un desarrollo sustentable, cuidando que se cumpla este derecho y la protección de la naturaleza. Adicionalmente, se promulga la ley de gestión ambiental, con el registro 245 el 30 de junio de 1999, donde establece las directrices y principios de la política ambiental y menciona actos de prevención, control y sanción hacia aquellas actividades que pongan en riesgo los recursos

naturales, por lo cual también establece obligaciones para personas del sector público y privado en la gestión ambiental (Constitución de la República del Ecuador, 1998).

Posteriormente con el firmado de convenios y nuevas políticas ambientales a nivel mundial, se crea el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente (TULAS), realizado el 16 de diciembre de 2002 con el registro oficial 725, decreto Ejecutivo No. 339. Donde se establece varios procedimientos sobre la preservación del ambiental y las directrices del Ministerio de Ambiente. Actualmente se cuenta con estos documentos son sus respectivas actualizaciones (Vallejo, s. f.). En la tabla N°2 se detalla la normativa presente en Ecuador acerca de los desechos que tiene mayor índice de afectación al ambiente como son los desechos o residuos peligrosos.

Tabla 2. Normativa en Ecuador de desechos peligrosos

Registro/ Acuerdo/ Norma	Detalle
<ul style="list-style-type: none"> - Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente - Decreto Ejecutivo No. 3399, Registro Oficial de fecha 16/12/2002 - Decreto Ejecutivo No. 3516, Registro Oficial de fecha 31/03/2003 	<p>TULAS</p> <p>Libro I: De la autoridad Ambiental</p> <p>Libro II: De la gestión ambiental</p> <p>Libro III: Del régimen forestal</p> <p>Libro IV: De la biodiversidad</p> <p>Libro V: De los recursos costeros</p> <p>Libro VI: De la calidad ambiental</p> <p>Libro VII: Del régimen especial: Galápagos</p> <p>Libro VIII: Del Instituto para el Desarrollo Regional Amazónico ECO-RAE</p> <p>Libro IX: Tasas o derechos por los servicios que el Ministerio de Ambiente</p>
<p>Acuerdo Ministerial 061 Registro Oficial (Edición especial) No. 316 de fecha 04/05/2015</p>	<p>Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria</p>
<p>Acuerdo Ministerial 020 Registro Oficial No. 937 de fecha 19/04/2013</p>	<p>Gestión integral para neumáticos usados</p>

Acuerdo Ministerial 129 Registro Oficial No. 166 de fecha 21/01/2014	Reforma del Acuerdo Ministerial No. 020
Acuerdo Ministerial 021 Registro Oficial No. 943 de fecha 29/04/2013	Gestión Integral de Desechos Plásticos de Uso Agrícola
Acuerdo Ministerial 022 Registro Oficial No. 943 de fecha 29/04/2013	Instructivo para la Gestión Integral de Pilas Usadas
Acuerdo Ministerial 026 Registro Oficial No. 334 de fecha 12/05/2008	Registro de Generadores de Desechos Peligrosos
Acuerdo Ministerial 048 Registro Oficial No. 439 de fecha 13/05/2011	Normas de Coprocesamiento de Desechos Peligrosos de Hornos Cementeros
Acuerdo Ministerial 142 Registro Oficial No. 856 de fecha 21/12/2012	Listado de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales
Acuerdo Ministerial 146 Registro Oficial No. 456 de fecha 05/01/2016	AM 146 Procedimientos para la gestión integral y ambientalmente racional de los bifenilos policlorados (PCB´s) en el Ecuador

Fuente: Izquierdo, 2021.

En Ecuador a nivel de provincia no todas tienen normativas con respecto a descargas de residuos de las actividades de manufactura, comercio o servicios. Por lo tanto, se toma de referencia aquella con mayor número de habitantes y que son foco de principal actividad económica como lo es Pichincha y su distrito metropolitano de Quito donde han creado regulaciones en protección del ambiente. Por lo cual los valores obtenidos producto de esta investigación serán comparados con los límites de descarga serán comparados la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No 003, Capítulo III. 14 octubre 2005 Anexo 1 (Ver anexo 1).

1.1.6. Los residuos o desechos

Según organismos mundiales como las EPA, CEPIS se define como residuo a todo material ya sea este líquido, sólido, semisólido o contenedor de gases descartado por no tener un valor de uso directo (Palacios & Cantor, 2019).

1.1.6.1. Clasificación de residuos

Es importante clasificar al residuo ya que de este dependerá el tipo de tratamiento o sistema de gestión que necesite para ser procesado de mejor manera. Existen varios tipos de clasificación como son: por su estado, origen, tipo de tratamiento al que serán sometidos y por los potenciales efectos derivados del manejo (Benavides, 1997). En la tabla N°3 se detalla la clasificación de los residuos.

Tabla 3. Clasificación de los residuos

Clasificación	Concepto	Categorías
Por su estado	Son aquellos residuos que están definidos por su estado	sólidos, semisólidos, líquidos y gaseosos
Por su origen	Son aquellos que se basan en una clasificación sectorial y no hay límite en las categorías o agrupaciones.	Mineros, industriales, agrícolas, domiciliarios, hospitalarios, de construcción, radioactivos.
Por el tipo de tratamiento al que serán sometidos	Son aquellos útiles para orientar la gestión integral de residuos y cuyo objetivo es desarrollar una infraestructura para su tratamiento o disposición final.	Residuos urbanos, residuos para incineración, residuos para rellenos, residuos para tratamiento de volatilización, residuos que requieren tratamiento particular.
Por los potenciales efectos derivados del manejo	Son aquellos residuos que debido a su proceso y características física o química pueden ser peligrosos o no peligrosos	Residuos peligrosos, residuos peligrosos no reactivos, residuos inertes, residuos no peligrosos.

Fuente: Martinez, 2005.

1.1.6.2. Residuos peligrosos

Se conoce como residuo peligroso aquellos que por su composición física, química y/o biológica provocan afecciones al hombre o al medio ambiente según la magnitud o cantidad de los mismos (Tovar Artunduaga et al., 2015). También según normativa nacional son aquellos desechos líquidos, sólidos, pastosos o gaseosos resultantes de un proceso de manufactura, transformación, utilización, reciclaje o consumo que

puedan tener sustancias de características CRETIB (corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable y biológicamente infeccioso) y/o radioactivas que representen un riesgo para la salud humana y medio ambiente .

El manejo y tratamiento de los residuos peligrosos es un tema que abarca varias problemáticas. Lo más destacable son los demás factores ya que a su alrededor como los problemas ambientales, sociales, económicos, industriales, normativos, de salud pública y conciencia social (Blanco, 2014). A nivel mundial existen escenarios distintos. Uno donde países más desarrollados como los europeos se evidencia un mejor manejo de los residuos que generan, esto debido a un mayor desarrollo económico, lo cual hace que se estimule un mayor aprovechamiento de los residuos generados. También cabe resaltar que, en estos países, el factor de éxito se debe a su alto compromiso e intervención por parte de todos los actores dentro de esta cadena de consumo desde el productor hasta consumidores. Destacando el papel de los consumidores que reciclan, empresas que manejan procesos de producción cerrada y gobiernos que incentivan buenas prácticas a favor del medio ambiente (European Environment Agency, 2016).

Por otra parte, el otro escenario son aquellos países donde su nivel de desarrollo está en auge. Tal es el caso de América Latina, donde se evidencia la carencia de los factores positivos de los países desarrollados y la falta de compromiso entre todos los sectores de la cadena de consumos hasta cuestiones políticas (Blanco, 2014).

1.1.6.3. Residuos peligrosos en instituciones educativas

Dentro de las entidades institucionales generadoras de residuos se encuentran las universidades. En especial aquellas que ofertan carreras técnicas, donde tienen laboratorios para desarrollar prácticas y en ellas se utilicen reactivos químicos. Estos residuos se caracterizan por su variedad y porque suelen generarse en pocas cantidades obteniendo una mezcla muy heterogénea (Carrera, 2005).

De manera general los tipos de residuos que se generan en un laboratorio educativo son: residuos inertes (de origen mineral, escombros), residuos no peligrosos (similares a los residuos municipales o domiciliarios) y residuos especiales o peligrosos. Estos

últimos pueden incluir sólidos, soluciones acuosas, sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, gases, aceites, entre otros (Bertini & Cicerone, 2009).

A pesar de ser una cantidad pequeña en comparación a las cantidades generadas por las industrias, juegan un papel muy importante en la contaminación total y más aún en las universidades, esto debido a que en sus manos está la formación de profesionales respetuosos con el ambiente, ya que ello se forma una nueva generación donde se eduque y concientice a prácticas amigables con el ambiente a nivel laboral, empresarial o doméstico (Bertini & Cicerone, 2009).

1.1.6.4. La Universidad Técnica de Ambato (UTA)

Información general de la facultad

En sus inicios la facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), nace como escuela técnica industrial inaugurada el 18 de noviembre de 1963 en el instituto superior de contabilidad y gerencia, posteriormente el instituto se transformó en Universidad Técnica y la escuela técnica industrial se transforma en la facultad de Ingeniería Industrial con las carreras de tecnología en cuero y caucho y técnica de alimentos. Posteriormente el 23 de mayo de 1974, por medio del consejo universitario, cambia de nombre a Facultad de Ingeniería con la carrera de ingeniería en alimentos. Para el 18 de octubre de 1974 ocurrió un cambio en la estructura institucional donde se resolvió que la facultad de ingeniería funcione tres escuelas: Escuela de Ingeniería en alimentos, Escuela de ingeniería Civil y la Escuela de ingeniería Agronómica. Actualmente la facultad funciona con las carreras de ingeniería en alimentos e Ingeniería en biotecnología, con la cual busca formas profesionales que brinde ese soporte en ámbitos de industria e investigación a nivel industrial y educativo. Generando nuevos conocimientos para la vida y el desarrollo humano (Facultad de ciencia e ingeniería en alimentos, 2021).

Actualmente la Universidad Técnica de Ambato cuenta con varios laboratorios para la formación y el desarrollo de los estudiantes. En la siguiente tabla se presenta la información a detalle.

Tabla 4. Laboratorios de la FCIAB

Clasificación	Laboratorios	Tipos de práctica
Académicos	-Tecnología de cereales -Química -Microbiología y biotecnología -Análisis bioquímico -Físico químico	Análisis sensorial, técnica de alimentos, química de alimentos, bioprocesos, bioseparación, fermentación, enzimas, biotecnología alimentaria, biología vegetal, biología animal, análisis de alimentos, química analítica.
Investigación	-UODIDE -Canje de Deuda análisis -Canje de deuda procesos -BIOPROPEPTI	Análisis microbiológicos, deshidratación, análisis fisicoquímico, HCLP, procesamiento de alimentos.
Laconal	Laboratorio de análisis de alimentos y aseguramiento de la calidad.	-Análisis físicos y químicos de: harina de pescado, cereales y derivados, carne y productos cárnicos, leche en polvo, balanceados y alimentación animal, leche fluida y derivados, frutas, jugos, néctares, pulpas y mermeladas, bebidas refrescos, vegetales, conservas de vegetales, aditivos alimentarios, especias, sal, aceites y grasas, miel, dulces, caramelos, cacao, alimentos en general, bebidas alcohólicas, agua. -Análisis microbiológico en alimentos, aguas, desinfectantes y ambiente.

1.1.7. Gestión de Residuos peligrosos

Dentro de la normativa del TUSLMA el proceso de gestión integral para los desechos peligrosos y especiales consta de las siguientes fases:

- Generación
- Almacenamiento
- Recolección
- Transporte
- Sistema de tratamiento eliminación y disposición final

1.1.7.1. Generación

Todo productor de desechos peligrosos y especiales es el responsable y titular del manejo de los mismos hasta su destino final. Por lo cual tiene como responsabilidad: cumplir la normativa ambiental, toma de medida para reducción de generación de desechos peligrosos y especiales, contar con un registro, almacenarlos conforme a las normas INEN. Adicionalmente controlarlo mediante bitácoras o registros que ayuden a controlar de mejor manera la producción de desechos peligrosos (Rugel, 2015).

1.1.7.2. Almacenamiento

En esta etapa los desechos de carácter peligroso deben permanecer envasados, etiquetados y almacenados según la norma ecuatoriana INEN 2266, 2284 y 2841 donde muestran los procedimientos, el tipo de contenedores y las etiquetas a usarse. Se debe tener en cuenta que los contenedores o envases únicamente van a emplearse con este fin ya que contendrán material peligroso (Rugel, 2015).

1.1.7.3. Recolección

Todos los desechos peligrosos y especiales deben ser recolectados mediante procedimientos que no afecten la salud al personal y al medio ambiente. Para fabricantes o importadores de sustancias químicas peligrosas deben presentar un plan de gestión aprobado donde conste la devolución-recolección, sistema de eliminación y disposición final de los contenedores o envases vacíos de sustancias químicas

peligrosas y productos caducados donde promueva la revalorización y se reduzca el impacto ambiental por disposición final (Rugel, 2015).

1.1.7.4. Transporte

Personas que realicen el transporte de sustancias químicas peligrosas y/o desechos en toda la nación deben poseer licencia ambiental en el ministerio de ambiente, misma que estará sujeta auditorías ambientales y la declaración anual de transporte de sustancias químicas peligrosas y/o desechos peligrosos. La normativa indicada para este punto es la INEN 2266 (Rugel, 2015).

1.1.7.5. Sistema de tratamiento eliminación y disposición final

En este paso consiste en seleccionar un proceso de transformación con la finalidad de reducir el volumen y disminuir su peligrosidad. Entre estos procesos están los tratamientos (Harry, 1997):

- Fisicoquímicos
- Estabilización-solidificación
- Biológicos
- Térmicos

1.1.8. Tratamientos para residuos Peligrosos

Tratamientos físico- químico

Son métodos o procesos donde intervienen procesos físicos y químicos, mediante el cual se modifican las propiedades químicas o físicas de un desecho o residuos (secretaría del Convenio de Basilea, 2002). Con este proceso se puede obtener:

- Un compuesto recuperado para su posterior uso como materia prima en otro proceso
- Separación de los componentes peligrosos de la masa total del residuo
- Disminución de la peligrosidad del residuo por la transformación de sus componentes

1.1.8.1. Tratamientos físicos

Son procesos de primera etapa dentro de un tratamiento global. Los procesos físicos más usados son (Group & Programme, 2002):

- **Filtración:** proceso donde se separan sólidos de los fluidos, presentes en el agua, para ello se utiliza una superficie permeable al fluido. Es decir, un líquido turbio y un material filtrante.
- **Separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación):** son procesos donde actúa la gravedad en función de la densidad de las partículas presentes en el líquido.
- **Evaporación:** proceso por el cual una solución o líquido es vaporizada al aplicar una fuente de energía. Para ello al menos unos de los componentes en el líquido deben ser mínimamente volátiles.
- **Destilación:** proceso donde se divide los componentes de un flujo residual líquido, por acción de la vaporización parcial del mismo, obteniendo como resultado, una mayor concentración de elementos volátiles en flujo vapor y un flujo residual líquido enriquecido en componentes no volátiles o menos volátiles según las condiciones del proceso.
- **Arrastre con aire o vapor:** proceso basado en un flujo de contracorriente de aire y agua a través de una columna enrollada con varios materiales de relleno, con el fin de asegurar la transferencia entre la fase acuosa y gaseosa, permitiendo a los componentes volátiles transitar. Desde la corriente líquida hacia la corriente de aire.
- **Intercambio iónico adsorción en carbón:** es un proceso que hace uso del carbón activado el cual es un material con alta capacidad adsorbente para capturar iones metálicos y un material filtrante (Group & Programme, 2002).

1.1.8.2. Tratamientos químicos

Son procesos de transformación del residuo con la adición de varios compuestos químicos para obtener el producto o compuesto deseado. Entre los métodos más usados están (Berkowitz et al., 1977):

- **Neutralización:** proceso de ajuste del pH mediante el uso de ácidos o álcalis

- **Precipitación:** proceso mediante el ajuste de pH o adición de aniones o cationes insolubles en el agua forman compuestos insolubles y necesitan de una separación física obteniendo lodos.
- **Oxido - reducción:** proceso usado para cambiar el estado de oxidación del contaminante, con el cual se varia su toxicidad u otra propiedad.
- **Descomposición por oxidación:** proceso basado en la reacción del contaminante con un agente oxidante como el peróxido, ozono, oxígeno o hipoclorito. Obteniendo con una reducción de su toxicidad.
- **Declorinación con metales alcalinos:** proceso mediante el cual se remueve el cloro de compuestos orgánicos clorados. Todo esto mediante la reacción de los metales alcalinos por el cloro, dando así la formación de una sal de cloro que se separa por centrifugación (Berkowitz et al., 1977).

1.1.8.3. Estabilización – Solidificación

Es un proceso mediante el cual los contaminantes de un residuo son transformados a formas menos tóxicas o menos solubles o móviles. las reacciones de transformación fijan a los compuestos tóxicos en polímeros impermeables o cristales estables. Estos ayudan a mejorar las características físicas del residuo, disminuye el área superficial, reduce la solubilidad de los contaminantes y su toxicidad (Berkowitz et al., 1977).

Este proceso se representa en la Figura 1. Con ello se obtendrá un residuo más compacto, formando un sólido monolítico el cual impide cualquier interacción entre el residuo peligroso y su entorno que lo rodea (Hidalgo Montesinos et al., 2010).

-

- .

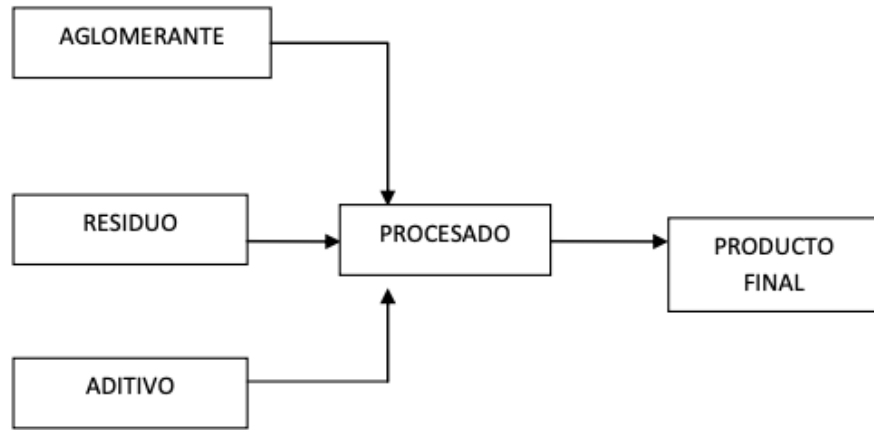


Figura 1. Diagrama de bloques del procedimiento de estabilización/solidificación.

Fuente:(Hidalgo Montesinos et al., 2010)

Los métodos presentes en los procesos de estabilización- solidificación son:

- Macro-encapsulamiento
- Micro-encapsulamiento
- Adsorción
- Absorción
- Intercambio iónico
- Precipitación
- Transformaciones químicas

Entre estos métodos se puede destacar las siguientes tecnologías en la siguiente tabla

Tabla 5. Tecnologías de estabilización – solidificación

Tipo de proceso	Principio
En base a cemento portland	Proceso donde los residuos quedan atrapados en una estructura cristalina de aluminio-silicato cálcico formada por la hidratación del cemento.

En base a cal y minerales puzolánicos	Proceso donde materiales de tipo puzolánicos ya sean naturales o sintéticos contienen partículas de aluminio- silicatos que al combinarlos con cal y agua producen un material al cemento.
En base a polímeros termoplásticos	Proceso donde hace uso de termoplásticos como el betumen, asfalto o polietileno, a altas temperaturas con el fin de solidificar los residuos
En base a polímero orgánicos	Es el proceso donde se usa pre-polímero y catalizador como la urea-formaldehído, poliéster y butadieno para formar un material polimérico. Con el cual se macro-encapsula el residuo peligroso
Técnica de transformación en vidrio	Es el proceso basado en la formación de vidrio o cerámica mediante la mezcla del residuo con sílica u otros materiales.

Fuente: Hidalgo Montesinos et al., 2010

1.1.8.4. Tratamientos biológicos

Está basado en el tratamiento de los residuos por la acción de un conjunto de microorganismos. Para el caso de residuos tóxicos, su aplicación es limitada debido a la sensibilidad de los microorganismos a este tipo de sustancias, sin embargo, es usado en cantidades mínimas de residuos tóxicos y con cepas seleccionadas (Martínez, 2005).

1.1.8.5. Tratamientos térmicos

Este tipo de tratamiento está basado en el uso de la energía térmica, entre ellos la incineración es el tratamiento más aplicable, esto debido al uso de hornos los cuales pueden ser diseñados para instalaciones industriales, siempre y cuando cumplan con

las normas técnicas de instalación y la composición de los residuos. Entre estas alternativas de este tipo de tratamiento están los métodos de: pirolisis, plasma y oxidación en sal fundida (Martínez, 2005).

Con respecto a la disposición final es un proceso donde tiene la finalidad de confinar los desechos reduciendo la liberación de los contaminantes. Para el caso de los desechos peligrosos lo más aconsejable es el confinamiento con rellenos de seguridad, mediante el uso de obras civiles para su disposición en el suelo (Martínez, 2005).

1.1.9. Alternativas de tratamiento

Método de oxidación avanzada con Fenton

Es un proceso de oxidación que genera gran cantidad de radicales hidroxilos, con el cual se puede degradar de forma química a los contaminantes presentes en una solución. Los radicales hidroxilos son mucho más reactivos que el cloro. Investigaciones de Huang y col. (1993) sugirió que métodos como el proceso Fenton son tecnologías ideales para el tratamiento de aguas residuales, debido a que son más eficientes e implica costos relativamente bajos en comparación a otros (Hermosilla et al., 2009).

El proceso Fenton se basa en el intercambio de iones entre el peróxido de hidrogeno y el ion ferroso, que actúa como catalizador, generando radicales hidroxilos (OH) degradando así compuesto orgánicos. El proceso se representa en la siguiente figura:

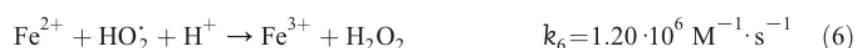


Figura 2. Reacción de proceso de oxidación avanzada con Fenton
Fuente:(Hermosilla et al., 2009)

1.1.10. Método TCLP

Método adoptado por la EPA de Estados Unidos el 7 de noviembre de 1986, con el fin de determinar si un residuo cumple con los estándares de tratamiento para que su destino final sea hacia un terreno. Además, es usado como técnica referente para evaluar la eficacia de una estabilización. Por lo cual esta técnica será usada como referente para determinar el mejor tratamiento para los residuos (US EPA, 2015).

1.2 Objetivos

1.2.1 General

- Estabilizar los residuos peligrosos generados en los laboratorios de la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos y Biotecnología (FCIAB), mediante técnicas de estabilización que cumpla con requerimientos técnicos, legales y administrativos aplicables.

1.2.2 Específicos

- Elaborar un inventario de residuos de la estimación de la generación anual de cada tipo de residuo peligroso.
- Desarrollar un procedimiento para la estabilización de los residuos peligrosos de los siguientes laboratorios: Laconal, UODIDE y laboratorios académicos (química, química analítica, biología y microbiología).
- Determinar las características de lixiviación de los residuos estabilizados mediante la prueba TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*)

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Materia Prima

Muestras de laboratorios

Se procedió al levantamiento de la información de los residuos acuosos peligrosos brindado hacia este proyecto para su tratamiento. Con ello se procedió a almacenarlos en 3 grandes contenedores plásticos con su respectiva etiqueta según su procedencia y se estimó la cantidad de cada uno de ellos.

Tabla 6. Información de los residuos

N°	Nombre	Procedencia	Cantidad (kg)
1	Residuos laboratorios académicos	-Tecnología de cereales -Química -Microbiología y biotecnología -Análisis bioquímico -Físico químico	86.5 kg
2	Residuos laboratorios de investigación	-UODIDE -Canje de Deuda análisis -Canje de deuda procesos -BIOPROPEPTI	10 kg
3	Residuos laboratorios LACONAL	Laboratorio de análisis de	90 kg

		alimentos y aseguramiento de la calidad.	
--	--	--	--

Para la toma de muestra se tomó en cuenta lo siguiente:

- Se usó guantes y gafas debido a la peligrosidad de la sustancia
- Se tamizó el residuo con el fin de recolectar el residuo sin interferencias.

2.1.2 Materiales de laboratorio, equipos y reactivos

2.1.2.1 Equipos de laboratorio

Tabla 7. Equipos a usarse en el laboratorio

Equipo	Marca
Balanza analítica	Rad Wag
pH-metro	Thermo Fisher
Fotómetro multiparamétrico HI83399-01	HANNA
Equipo de prueba de jarras	VELP
Digestor	HANNA
Tanques plásticos	Plastigama
Campana de extracción	----
Medidor multiparamétrico portátil	HANNA
Extracción al vacío	China, CHM
Medidor multiparamétrico HI9829	HANNA
Espectrofotómetro de adsorción atómica	PG instruments

2.1.2.2 Materiales de laboratorio

Tabla 8. Descripción de materiales de laboratorio

Materiales de vidrio	Otros
Vasos de precipitación	Espátula de acero
Balón de aforo	Pala de acero
Matraces	Mortero
Tubos de ensayo	Martillo
Cubetas	Tarrinas
Filtros de fibra de vidrio 47mm de diámetro	Filtros
	Piseta

2.1.2.3 Reactivos

- Agua destilada (H_2O)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Ácido nítrico (HNO_3)
- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2)
- Hidróxido de sodio ($NaOH$)
- Ácido glacial acético ($CH_3 COOH$)
- Cemento portland tipo puzolánico (Selvalegre)
- Cal (CaO)
- Sulfato de hierro hepta-hidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)
- Dicromato de Potasio ($H_2Cr_2O_7$)
- Kits de HANNA

2.2. Métodos

2.2.1 Generación de inventario de residuos acuosos peligroso de los laboratorios de la FCIAB

Los residuos fueron solicitados al personal encargado de los laboratorios, el cual brindó soporte para solicitar a los encargados de cada laboratorio de la FCIAB los residuos acuosos peligroso generados en cada uno de los mismos. Adicionalmente se solicitó las fichas o datos de los residuos generados y el volumen total de cada uno de ellos. Con lo cual se generó un inventario donde se pueda estimar la cantidad anual o semestral de los residuos para su tratamiento. Cabe recalcar que en esta investigación no se trataron residuos como solventes orgánicos, residuos orgánicos no acuosos, ni residuos biológicos de carácter patogénico ya que estos se dispondrán con un gestor ambiental.

2.2.2 Preparación y almacenamiento de muestras

Los residuos solicitados de los laboratorios fueron clasificados según su procedencia, con lo cual se obtuvo tres tipos de residuos los cuales fueron:

- Residuos Laconal
- Residuos laboratorios académicos
- Residuos laboratorios de investigación.

En este paso se revisó la cantidad y la forma en que estaban etiquetados con lo cual se obtuvo información de las sustancias químicas que contenida. Cabe recalcar que algunos de estos no estaban etiquetados, sin embargo, según su procedencia y en base a la información compartida por el responsable de laboratorio se procedió a almacenarlos en contenedores plásticos clasificándolos según su procedencia.

En residuos que venían con algunos sólidos suspendidos se procedió a colarlos, con el fin de obtener un residuo netamente líquido, posteriormente fueron mezclados con agitación mecánica para obtener un residuo homogéneo.

Para residuos peligrosos caducos como ácidos, no fueron tratados en esta investigación por lo cual fueron separados para usarlos dentro del laboratorio ambiental como ácidos de grado técnico bajo supervisión del tutor encargado. Sin embargo, los mismo fueron usados en esta investigación para neutralización y corrección de pH dentro del proceso de tratamiento de aguas residuales de carácter peligroso.

Como paso final se almacenó los tanques o tachos plásticos en lugar ventilado, aislado de lugares concurridos, cerrados y etiquetados.

2.2.3 Toma de muestra y caracterización del residuo acuoso (Residuo crudo)

Toma de muestra

Se tomó una alícuota de 250 ml un vaso de precipitación de cada residuo acuoso en como son: LACONAL, laboratorios académicos y laboratorios de investigación.

Caracterización de parámetros Físico-químico

Potencial de hidrógeno PH

Parámetro basado en la medición de concentración de iones hidronios existentes en el agua. Para ello se utilizó el pH metro Mettler Toledo, con el cual se realizó una medición directa, siguiendo los pasos registrados en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 Ed.* (APHA,2017).

Conductividad

Parámetro basado en la medición del contenido total de constituyentes iónicos que tiene el agua o solución acuosa para transportar corriente eléctrica. Para esta medición se hizo uso del pH metro Mettler Toledo, con el cual se realizó

una medición directa, siguiendo los pasos resgistrados en el *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 Ed.* (APHA,2017).

Determinación de DQO

Para la determinación de este parámetro se empleó un método colorimétrico basado al protocolo descrito en *Métodos Normalizados para el Análisis de Aguas Potables Y Residuales* (1992). En este método se usó una solución digestora de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_2$) 10,22 g/L con ácido sulfúrico y una solución de ácido sulfúrico concentrado con nitrato de plata en una relación de 6g $AgNO_3$ por kg H_2SO_4 (Franson, 1992).

La demanda química de oxígeno fue determinada en base a una curva de calibración empleando estándares de KHP. Para ello se preparó una solución madre de 1000mg O_2/l de KHP en un rango de concentración de 0, 20, 50, 100, 250, 300, 500, 750, 900 y 1000 mgO_2/L . Luego se sometieron las muestras, estándares y blancos a una digestión a $150^\circ C$ en el reactor Hanna® HI 839800 durante dos horas, posteriormente las muestras fueron analizadas en el fotómetro multiparamétrico HI 83399 maca HANNA a una longitud de onda de 610 nm.



Figura 3. Equipo para determinación de DQO
(a) Fotómetro multiparamétrico HANNA (b) Digestor HANNA

Tabla 9. Preparación de muestras, estándares y blanco para determinación de DQO

Recipientes de digestión	Muestras (ml)	Solución digestora (ml)	Ácido sulfúrico (ml)	Volumen total final (ml)
Tubos de ensayo con tapa	2.5	1.5	3.5	7.5

Determinación de Iones mediante fotómetro

Cobre

Método basado en la reacción del bicinconinato donde la presencia del cobre en la muestra y el reactivo produce un cambio de color en la muestra, luego se realizó su lectura en el fotómetro HI 83399 con el método de cobre seleccionado para proceder a su lectura en ppm (HANNA,2021).

Cromo

Método basado en la reacción entre la muestra y la solución de difenilcarbohidrazida del kit de HANNA, los cuales están basado en el Manual ASTM de agua y Tecnología Ambiental, posteriormente su lectura se le realizó por el fotómetro HI 83399 con el método de cromo seleccionado para proceder a su lectura en $\mu\text{g/l}$ (HANNA, 2021).

NH₄

Método basado en ASTM Manual de Agua y Tecnología Ambiental, método Nessler. Donde la reacción entre el reactivo de HANNA y la muestra produce un cambio posterior a su reacción, la cual se dio lectura mediante el fotómetro HI 83399 con el método de nitrato seleccionado para proceder a su lectura en ppm (HANNA, 2021).

Sulfato

Método basado en la reacción del sulfato y el reactivo de cloruro de bario, con el cual origina una suspensión en la muestra el cual fue leído por el fotómetro HI 83399 con el método de sulfato seleccionado para proceder a su lectura en ppm (HANNA, 2021).

Fosfato

Método basado en una adaptación del método SPADNS y EPA 304.1. Donde la reacción entre el reactivo de HANNA y la muestra produce un cambio posterior reacción, la cual se dio lectura mediante el fotómetro HI 83399 con el método de fosfato seleccionado para proceder a su lectura en ppm (HANNA, 2021).

Nitrato

Método de HANNA basado en la reducción de cadmio donde la reacción entre el nitrato presente en la muestra con el reactivo provoca un viraje de color hacia ámbar en la muestra, la misma que mediante el fotómetro HI 83399 con el método de nitrato seleccionado fue detectado para proceder a su lectura en ppm (HANNA, 2021).

Hierro

Método basado en la EPA 315B del reactivo de fenontrolina, la cual en acción con la muestra y el reactivo de HANNA provoca una coloración naranja en la muestra en presencia alta de iones de Fe. Esta solución fue ubicada en el fotómetro HI 83399 con el método de hierro seleccionado para proceder a su lectura en ppm (HANNA, 2021).

Zinc

Método de HANNA basado en Métodos Estándar para el Análisis de Agua potable y Agua residual. Donde se produce la reacción entre el cinc y los reactivos, los cuales crean pase de un color azul marrón-verde a azul en la muestra, posteriormente esta solución fue ubicada en el fotómetro HI 83399 con el método de zinc seleccionado para proceder a su lectura en ppm de zinc (HANNA, 2021).

Determinación de metales por espectrofotometría de adsorción atómica (EAA)

Para analizar la muestra primero se filtraron las mismas, se digestaron y luego se realizó una dilución 1:10, con la finalidad que el equipo diera lectura a las concentraciones presentes en la muestra.

Determinación de Pb (EAA)

Para la determinación de Pb en la muestra se utilizó el equipo de EEA de PG instruments, el cual utiliza una lámpara de cátodo hueco para emitir una luz a determinada onda para que el equipo pueda leerlo y su computadora nos brinde los datos (Anexo 2). Para ello se elaboró una curva de calibración con concentraciones de: 0, 10, 20, 50, 80, 100 y 150 ppb. Luego se procedió a ubicar las muestras problema en el auto-sampler y realizar las mediciones de la muestra problema para posteriormente registrarlas.

Determinación de Cd (EAA)

Para la determinación de Cd en la muestra se utilizó el equipo de EEA de PG instruments, el cual utiliza una lámpara de cátodo hueco para emitir una luz a determinada onda para que el equipo pueda leerlo y su computadora nos brinde los datos (Anexo 2). Para ellos se elaboró una curva de calibración con concentraciones de: 0, 10, 20, 50, 80, 100 y 150 ppb. Luego se procedió a ubicar las muestras problema en el autosampler y realizar las mediciones de la muestra problema para posteriormente registrarlas.

2.2.4 Solidificación del residuo acuoso

Para su solidificación se utilizó cemento Portland tipo puzolánico marca “Selvalegre” y cal, luego se diseñó varios tratamientos a diferentes proporciones de residuo acuoso, cemento y cal con el fin de obtener un tratamiento que no permita que lixivie el residuo contenido. Las proporciones y tratamientos están expresadas en la Tabla N° 10

Tabla 10. Tratamientos para solidificación del residuo acuoso

	Volumen del residuo acuoso (ml)	Cemento (gr)	Cal (gr)
Tratamiento 1	400	600	-
Tratamiento 2	300	700	-
Tratamiento 3	350	650	-
Tratamiento 4	400	500	100
Tratamiento 5	400	300	200

Todos los tratamientos fueron ubicados en recipientes plásticos con capacidad de 1 litro y mezclados durante 10 min para posteriormente dejarlos reaccionar y secar durante 7 días. Los mismos tratamientos fueron aplicados para los residuos LACONAL, académicos e investigación.

2.2.5 TCLP y caracterización del lixiviado

Método TCLP

Para la caracterización se tomó como referencia el método 1311 de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Donde:

- Se preparó una solución extractora de agua destilada y ácido acético glacial (se usó 5.6 ml de ácido acético glacial en 1000 ml de agua destilada)
- Luego se obtuvo muestras del material solidificado triturándolo a un tamaño menor a 9.5 mm, luego se pesó 10 g de este material y se lo mezcló con la solución extractora en una botella en una relación en peso 20:1 líquido y sólido respectivamente.
- Posteriormente la mezcla obtenida entre la solución con el material triturado se agitó y se lo dejó reposar por 7 días. Adicionalmente durante los 7 días se agitaron los recipientes con el fin de obtener una muestra homogénea.
- Al culminar los 7 días se procedió a filtrar al vacío con filtros de fibra de vidrio de 47 mm de diámetro de marca CHM.
- Como paso final el líquido obtenido se procedió a caracterizarlo

Determinación de parámetros físico-químicos y caracterización del residuo post-tratamiento

Para culminar el proceso se procedió a una determinación fotométrica de concentración de Fe, Cr, Al, Cu, Zn, Ni y Mn. Lo cuales se midieron con la metodología anteriormente descrita. De igual forma para caracterización con EAA de plomo y cadmio se procedió con la metodología anteriormente mencionada (US EPA, 2015).

Adicionalmente estos valores finales fueron comparados con la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, Resolución No 003, Capítulo III. 14

octubre 2005 Anexo 1. Para poder descargarlos de manera segura hacia el sistema de alcantarillado.

2.2.6 Tratamiento con proceso de oxidación avanzada con Fenton

Con el fin de tener un tratamiento alternativo que ayude reducir la alta cantidad de contaminantes presentes en los residuos peligrosos de la FCIAB se utilizó un tratamiento de oxidación avanzada con Fenton. Para lo cual se utilizó los residuos de LACONAL, luego se tomaron sus parámetros iniciales como DQO, pH y color. Posteriormente se aplicaron 4 tratamientos. Para ello se ajustó el pH a 2,8, luego se añadieron los reactivos de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y Sulfato de hierro hepta-hidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$). En la Tabla N°11 se encuentran los tratamientos aplicados.

Tabla 11. Tratamientos de oxidación avanzada con fenton

Tratamiento N°	Hierro [Fe⁺²] g	Sulfato de hierro hepta- hidratado (FeSO₄*7H₂O) g	Peróxido de hidrógeno H₂O₂ ml
1	0,5	1,2235	7,65
2	1	2,4445	15,31
3	2	4,8842	30,63
4	3	7,3340	43,93

Posteriormente se dejó que se consuma la reacción por 15 horas, para luego medir la DQO. Como paso final el mejor tratamiento obtenido de este proceso se lo dispuso hacia una planta piloto, con el fin de reducir aún más la cantidad de contaminantes químicos presentes en la muestra.

2.2.7 Planta piloto de tratamiento de aguas por columnas de absorción

Se utilizó la PTAR piloto del laboratorio del ambiental, donde su funcionamiento está basado en columnas de adsorción. La misma que posee diferentes materiales filtrantes como: piedra caliza, turba y carbón activado.

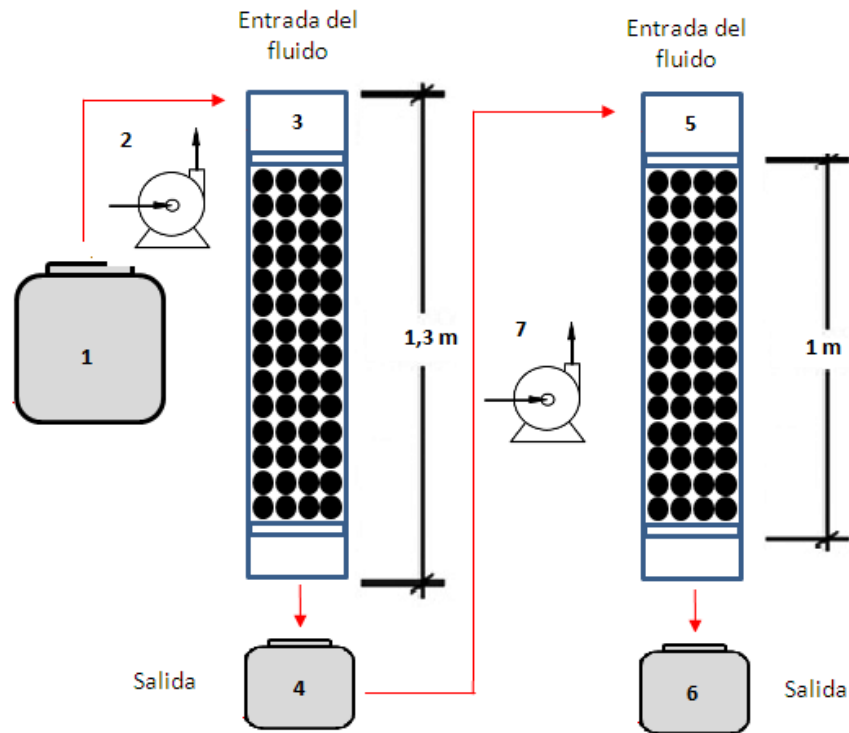


Figura 4. Modelo escala de tratamiento con columnas de filtración.

En la figura 4 se muestra un modelo ilustrativo de la planta piloto donde se usó dos columnas hechas a base de plástico con una altura de 1,3 metros y 10 cm de diámetro cada una. La primera columna contenía 1 m de piedra caliza y la segunda columna de 0,7 m de carbón activado y 0,3 m de turba dando una altura de 1m de medio filtrante.

El proceso de tratamiento de la figura 3 y el empleado consta de las siguientes fases:

1. Purga y limpieza de columnas y tanques de recolección mediante el paso de agua potable con el fin de eliminar cualquier residuo presente en las columnas.
2. Se mezclaron todas las aguas residuales de los laboratorios dando alrededor de 100 litros en el contenedor 1 (tanque de alimentación), el

cual superaba en más de 20 veces los límites permisibles en el TULSMA.

3. Bombeo de agua residual del contenedor (1) a un caudal de 10 ml/min hacia la columna de piedra caliza (3), posteriormente el líquido resultante se lo recolecta en el contenedor de salida (4).
4. Del contenedor de salida de la primera columna (4), nuevamente se bombeó hacia la columna de carbón activado y turba (5) a un caudal de 10 ml/min, finalmente el líquido resultante se lo recolecta en el contenedor de salida (6).
5. Luego de operar 24 horas el sistema de tratamiento se procedió a las mediciones y valoración de parámetros finales con este proceso
6. Finalmente, cuando el adsorbente se encuentre saturado, se concluye el tratamiento. Con lo cual se apaga todo el sistema, se quita el material y se lava todo.

Este proceso duró alrededor de 15 días, donde se operó la planta de lunes a viernes y los fines de semana se paró debido a que los laboratorios de la universidad no hay atención en estos días.

Se utilizó la medición de la demanda química de oxígeno (DQO) como parámetro fundamental para conocer si la cantidad de contaminantes químicos presentes en el agua disminuía o excedía los límites permisibles, para su desecho hacia el alcantarillado. Los resultados finales se compararon con la normativa del TULSMA.


CAPÍTULO III
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y discusión de los resultados

3.1.1 Generación de inventario

Con la información proporcionada por el personal encargado de los laboratorios de la FCIAB y la unidad de gestión de riesgos se levantó la información para estimar la cantidad de residuos generados por los laboratorios. En la tabla N°12 se muestran los resultados a manera de inventario.

Tabla 12. Residuos Peligrosos FCIAB

 Universidad Técnica de Ambato						
Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología						
Clasificación de Laboratorio	Laboratorios	Procesos o prácticas realizadas	Clasificación de sustancias o desechos	Característica	Cantidad mensual	Estimación de Cantidad Anual
Laboratorios académicos	Tecnología de cereales 1.1	Análisis sensorial, Técnica de alimentos	Orgánicos y químicos	Tóxicos con el medio ambiente	12 kg	144kg
	Química 3.2	Química de alimentos, Bioprocursos, bioseparaciones	Hexanos y bases, lixiviados de aceites, reactivos	Tóxicos con el medio ambiente	10kg	120kg

			ácidos, residuos de níquel cloruro, sodio hidróxido ,			
	Microbiología y Biotecnología 3.1	Fermentación, enzimas, biotecnología alimentaria	Sodio metálico en parafina	Tóxicos con el medio ambiente	5kg	60kg
	Análisis y Bioquímica 2,1	Biología vegetal, biología animal, análisis de alimentos	Residuos de sodio cloruro, nitrato férrico, sodio perclorato, amonio acetato, zinc cloruro, potasio hidróxido, ácido benzoico, potasio persulfato, sodio metabisul	Tóxicos con el medio ambiente	15kg	180kg

			fito, ácido oxálico en solución			
	Físico Químico 2,2	Análisis de interpretación, Química analítica	Residuos químicos de soluciones orgánicas , inorgánicas, ácidas, básicas	Tóxicos con el medio ambiente	20kg	240kg
Laboratorios de investigación	UODIDE	Análisis microbiológicos, deshidratación, análisis físico- químico	Residuos químicos de soluciones ácidas, básicas	Tóxicos con el medio ambiente	3kg	36kg
	Canje de deuda análisis	Análisis físico- químico, HCLP, microbiológicos	Residuos químicos de soluciones ácidas, básicas	Tóxicos con el medio ambiente	3kg	36kg
	Canje de procesos	Procesamiento de alimentos, análisis	Residuos de soluciones	Tóxicos con el medio ambiente	3kg	36kg

		físico químicos	orgánicas y químicas			
	BIOPROP EPTI	Análisis microbioló gicos y físico- químicos	Residuos de solucione s químicas y biológica s	Tóxicos con el medio ambiente	3kg	36kg
Laborato rio Laconal	LACONA L	Análisis físico- químicos y microbioló gicos	Desechos químicos y biológico s	Tóxicos con el medio ambiente	5 kg	60 kg
Total					79 kg	948 kg

La información encontrada en la tabla 12 muestra valores de una producción mensual de 79kg de desechos peligrosos, originados de los laboratorios de la FCIAB. Los cuales fueron clasificados en tres grandes grupos como son residuos de los laboratorios LACONAL, académicos e investigación. Donde se encontraron residuos de soluciones acidas, básicas, inorgánicas, sustancias con restos hierro, nitrato férrico, sodio perclorato, amonio acetato, zinc cloruro, potasio hidróxido, ácido benzoico, potasio persulfato, sodio metabisulfito. Estos al ser comparados con el listado del acuerdo ministerial 142 registro No. 856 y el TULSMA pasan a ser catalogados como residuos peligrosos por la presencia de los compuestos descritos en la Tabla N°12. Resultados similares se obtuvieron en estudios realizados en la ESPOCH, donde la producción de desechos a nivel semestral alcanzo 89.6 kg (Cali, 2021).

Adicionalmente, se estimó la producción anual de estos residuos obteniendo un valor de 948kg lo cual representa una cantidad significativa para el procesamiento y almacenamiento de estos residuos en la FCIAB. A pesar de ello, estos resultados comparados con un escenario de carácter industrial representan una cantidad muy baja, ya que estos llegan a valores de 272.584 toneladas anuales de residuos no peligrosos y 50.219,38 toneladas de residuos peligrosos de manera anual (Ley, 2019). No obstante el que represente una cantidad baja comparado al de un escenario industrial, no significa que deje de ser peligrosa, ya que estas sustancias al tener estas características logran contaminar y dañar el ambiente y los seres vivos que lo rodean (APHA-AWWA-WPCF, 1992).

Estos datos estimados y recolectados sugieren la implementación de mecanismos adecuados para tratar estos residuos y a su vez concientizar al personal académico y estudiantil hacia una cultura donde aquel que contamina paga. Ya que la población ecuatoriana no ha tenido una cultura o educación que motive a la implementación de mecanismos que reduzca los desechos que producimos. Según datos del INEC en el 2016 el 87,92% de la población ecuatoriana elimina los desechos farmacéuticos peligrosos igual que la basura normal, de igual forma el 54,36% de la población elimina los aceites y grasas con el resto de la basura normal (INEN, 2016).

La aplicación de un plan de gestión de residuos es fundamental, ya que con ello se puede reducir grandes porcentajes de producción de residuos. Tal es el caso del plan de manejo de residuos implementado en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA), donde se a reducido un 79% el volumen de residuos líquidos y se ha logrado la recuperación de agentes químicos como el ciclohexano y metales como el cobre y cromo (Bertini & Cicerone, 2009)

Por ello la aplicación de un tratamiento o proceso de estabilización que ayude a disponer de mejor forma los residuos pueden lograr grandes cambios a favor del medio ambiente y del colectivo universitario, cumpliendo con las normas y leyes ambientales que rigen en todo el estado ecuatoriano.

3.1.2 Caracterización físico-química inicial de los residuos peligrosos de la FCIAB

Los resultados de los parámetros iniciales se muestran en la tabla N°13 donde se detalla los valores obtenidos y se los compara con la normativa de límites permisibles de descarga en sistemas de alcantarillado de la Dirección Metropolitana Ambiental de Quito.

Tabla 13. Caracterización química de residuos peligrosos FCIAB

Origen de Residuo	Parámetro de medición	Unidad	Medición	Límites Permisibles de descarga cuerpo receptor (Dirección Metropolitana Ambiental de Quito)
Residuo LACONAL	Zinc	mg/L	0,04	2 mg/l
	Cromo	mg/l	31,800	0,5 mg/l
	Amonio	mg/l	1,6	-
	Sulfato	mg/l	740	400 mg/l
	Nitrato	mg/l	495	-
	Fosfato	mg/l	62	-
	Hierro	mg/l	1,01	-
	Cobre	mg/l	10,4	1 mg/l
Laboratorios académicos	Zinc	mg/L	8	2 mg/l
	Cromo	mg/l	7	0,5 mg/l
	Amonio	mg/l	1,430	-
	Sulfato	mg/l	420	400 mg/l
	Nitrato	mg/l	5500	-
	Fosfato	mg/l	5,700	-
	Hierro	mg/l	100	-
	Cobre	mg/l	490	1 mg/l
Laboratorios de investigación	Zinc	mg/L	2	2 mg/l
	Cromo	mg/l	0,240	0,5 mg/l
	Amonio	mg/l	961	-
	Sulfato	mg/l	35000	400 mg/l
	Nitrato	mg/l	2320	-
	Fosfato	mg/l	760	-
	Hierro	mg/l	255	-

	Cobre	mg/l	44	1 mg/l
--	-------	------	----	--------

Los resultados obtenidos de la tabla 13 muestran que del residuo LACONAL se obtuvo un pH muy elevado de 12,75. El cual, según la norma del TULSMA sobrepasa el valor permisible ya que el rango permitido es de 5-9. Esto puede deberse a la presencia minerales presentes en el residuo en forma de carbonatos y bicarbonatos.

Para los residuos de laboratorios académicos, el resultado con respecto al pH fue de -0,48 y su conductividad de 1.386 ms/cm. Este valor fue obtenido debido a que uno de los residuos pertenecientes a laboratorios académicos era un ácido analítico puro caduco, el cual, al mezclarse con los demás residuos provocó niveles de pH muy bajos, ya que este a pesar de ser caduco puede conservar sus características acidas. Por lo cual, el residuo fue diluido antes de la medición y posteriormente analizado para salvaguardar el equipo. Adicionalmente el resto de residuos ácidos caducos fueron separados, para usarlos con fines de grado técnicos bajo la supervisión del personal responsable del laboratorio de ambiental.

Con respecto a los residuos de laboratorios de investigación, los resultados de la medición del pH fueron de 1,55 y su conductividad de 92,05 ms/cm. Los cuales fueron comparados con la normativa y no cumple con la normativa siendo este residuo muy ácido, al igual que los residuos laboratorios académicos. Esta característica puede deberse a que también poseen un alto contenido en iones metálicos y sulfatos, los cuales son característicos de residuos ácidos como los drenajes de mina (DAM), mismos que son causantes de grandes problemas ambientales debido a su potencial peligrosidad para recursos hídricos superficiales y subterráneos (Cadorin et al., 2007).

Para las mediciones relacionadas con compuestos que llevan nitrógeno en su estructura, no existe un valor específico dentro de la norma límites de descarga en cuerpo receptor anexo 1 de la Dirección Metropolitana Ambiental de Quito, ni en el TULAS, sin embargo, estos deben manejarse, controlarse y desecharse a cantidades mínimas pues estos al estar en concentraciones altas en el agua se vuelven tóxicas. Según Bolaños-Alfaro et al., 2017 las altas concentraciones del ion nitrato en agua potable, puede provocar metahemoglobinemia, enfermedad que ataca a los bebés de

hasta 6 meses de edad provocando en ellos la discapacidad de transporte de oxígeno por parte de los glóbulos rojos, lo cual en pronósticos más críticos puede llegar a ocasionar la muerte.

Con respecto a la cantidad de cromo, se analizó la existencia de cromo VI en los residuos obteniendo como resultado de la tabla 13 en los residuos de laboratorios LACONAL, académicos e investigación valores de 31,8 mg/l, 7 mg/l y 240 mg/l respectivamente en la muestra. Dichos valores sobrepasan la norma ya que su límite máximo es de 0,5 mg/l. Por lo cual se convierte en uno de los parámetros a manejarse. Según investigaciones, las altas concentraciones en cromo en aguas resulta altamente tóxico debido a sus propiedades mutagénicas y carcinogénicas y de igual forma para el ambiente ya que puede dañar a suelos y aguas subterráneas (Pájaro & Díaz, 2012).

En relación a la cantidad de sulfato es un parámetro a controlar debido a que en concentraciones superiores a 300 mg/l en aguas para consumo humano puede causar trastornos gastrointestinales en niños, esto debido a que los sulfatos de sodio y magnesio provocan en el ser humano una acción laxante (Severiche & González, 2012). Según la tabla 13 en este análisis se obtuvo un valor de 740 mg/l, 420 mg/l y 35000 mg/l en los residuos de laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente, sin embargo, estos valores sobrepasan a la norma ya que esta es de 400 mg/l para descargas en el alcantarillado.

Los valores obtenidos de la determinación de fosfatos no se encuentran normados en la Dirección Metropolitana Ambiental, resolución No 003, Capítulo III. límites de descarga en cuerpo receptor Anexo 1, ni en el TULAS, sin embargo, este tipo de sustancias, según investigaciones en cuerpos acuosos son muy solubles, debido a que inducen al crecimiento de algas, ocasionando procesos de eutrofización y polución. Por lo cual la lixiviación de fosfatos hacia ecosistemas acuáticos provoca severas consecuencias a los índices de calidad ambiental (Sande Fouz, 2002). Los valores obtenidos según la tabla 13 fueron de 62 mg/l, 5700 mg/l y 760 mg/l para los residuos de los laboratorios LACONAL, académicos y de investigación respectivamente.

Con respecto a la estimación del cobre se obtuvieron concentraciones de 10,4 mg/l, 490 mg/l y 44 mg/l de los residuos de los laboratorios LACONAL, académicos y de investigación respectivamente. Los cuales salieron fuera del rango normado que es de 1 mg/l según la normativa de la Dirección Metropolitana ambiental, límites de descarga en cuerpo receptor. Por lo cual es otro metal que se toma en cuenta para su tratamiento, ya que, según investigaciones de Arce (2000), menciona que el alto contenido de cobre en cuerpos acuosos liberados hacia los ríos puede llegar suelos, donde logra ocasionar efectos tóxicos en especies vegetales. Esto provoca en las plantas un menor crecimiento en la raíz principal. De igual forma un alto contenido de cobre en aguas para el consumo humano provoca efectos nocivos en la salud humana como dolor abdominal, náuseas, vómitos, pérdida de cabello, anemia, daños a nivel renal y hepático (Rodríguez-Gómez et al., s. f.).

En las mediciones de Zinc de los residuos de los laboratorios LACONAL, académicos y de investigación se obtuvieron valores de 0,004 mg/l, 8 mg/l y 2 mg/l respectivamente. De los cuales el residuo de laboratorios académicos es el que sobrepasa el rango permisible, ya que su límite máximo es de 2 mg/l según la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, límites de descarga en cuerpo receptor. Por lo cual este parámetro es uno más a controlar, ya que en estudios de aguas con alto contenido de zinc liberado hacia ríos, puede provocar en suelos afectaciones al ambiente vegetal, llegando a causar enfermedades en las plantas como la clorosis y el bajo crecimiento de la planta (Casierra-Posada, 2005).

Para metales como el hierro no existe un rango establecido por la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, sin embargo, en el TULSMA existe un límite máximo permisible el cual es de 25 mg/l. Por lo cual al compararlo con los datos obtenidos de la tabla 13 el valor del residuo de LACONAL fue de 1,01 mg/l. Sin embargo, los residuos laboratorios académicos y de investigación fue de 100 mg/l y 255 mg/l respectivamente, dichos valores salen del rango permisible. Por lo cual es otro parámetro a controlar, ya que autores como Peris (2006), manifiestan que niveles de hierro mayores a 0,3 mg/l en aguas generan la aparición de bacterias con afinidad al hierro, provocando el origen de olores fétidos.

Resultados similares se obtuvieron en la División Académica de Ciencia Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), donde se realizó un estudio de las principales descargas de aguas residuales. En donde se obtuvieron datos de pH de 8.9, concentraciones de cadmio 0.0012 mg/l, cobre 0.051 mg/l, cromo 0.077 mg/l, níquel 0.049 mg/l y zinc 0.20 mg/l (Osorio et al., 2011).

Para esta investigación se tomó en cuenta al cadmio y al plomo como principales metales pesados para determinar su atrapamiento dentro de la estructura solidificada. Para lo cual se utilizó espectrofotometría UV-VIS, con el fin de saber si cumplen con las normas para su descarga a alcantarillado.

3.1.3 Determinación de metales pesados por espectrofotometría de absorción atómica (EAA).

Para una mayor exactitud en los resultados sobre las concentraciones de los metales pesados, se utilizó el espectrofotómetro de absorción atómica con el fin de obtener valores más exactos y reales de cada una de sus concentraciones en los residuos peligrosos. En la tabla 14 se muestran los valores obtenidos de este análisis.

Tabla 14. Determinación de metales por espectrofotometría de absorción atómica

Origen de Residuo	Parámetro de medición	Unidad	Concentración (ppm)	Limites Permisibles de descarga cuerpo receptor (Dirección Metropolitana Ambiental de Quito)
Laboratorios Laconal	Plomo	mg/l	0,079082	0,5 mg/l
	Cadmio	mg/l	0,007469	0,2 mg/l
Laboratorios Académicos	Plomo	mg/l	0,087775	0,5 mg/l
	Cadmio	mg/l	0,007232	1 mg/l
Laboratorios Investigación	Plomo	mg/l	0,013520	0,5 mg/l
	Cadmio	mg/l	0,006469	0,2 mg/l

Los resultados obtenidos en la tabla 14 con respecto a los valores de plomo fueron 0,0790 mg/l, 0,0877 mg/l y 0,01352 mg/l de los residuos de los laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente, los cuales al compararlos con la normativa se observó que cumplen con el rango permisible. Sin embargo, estos deben permanecer lo más bajo posible, debido a que al mezclarse con los demás residuos en su descarga final, estos pueden alcanzar concentraciones que rebasen el límite, ya que la presencia de estos en cuerpos hídricos y su ingesta en grandes proporciones puede ocasionar enfermedades renales, vasculares y neuronales (Blanco Hernández et al., 1998).

Con respecto al cadmio se obtuvo valores de 0,007469 mg/l, 0,007232 mg/l y 0,006469 mg/l de los residuos de los laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente, los cuales según la norma son más bajos que el límite permisible. Sin embargo, existe una concentración mínima en ellos por lo cual es necesarios reducirlos. Con el fin de que no sean propensos a generar mayor peligrosidad en su destino final, ya que valores altos en cadmio en agua puede durar años. Tal es el caso de estudios en aguas de Alemania, donde se han encontrado concentraciones elevadas en cadmio, plomo y zinc, esto a raíz de la segunda guerra mundial, donde se ocasionaron vertidos de compuestos altamente tóxicos los cuales aún han permanecido por más de 50 años (Blanco Hernández et al., 1998).

Datos similares se obtuvieron en el análisis de aguas residuales de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), donde las concentraciones de plomo y cadmio fueron 0,039 mg/l y 0,012 mg/l respectivamente (Osorio et al., 2011). Lo cual supone que las concentraciones de metales pesados en centros educativos son bajos y entran en el rango permisible de descarga.

Sin embargo, la presencia de metales pesados en aguas se considera peligroso, debido a que, el medio ambiente no puede procesarlo a la brevedad. Con lo cual puede mantenerse durante cientos de años y seguir aumentando paulatinamente su concentración durante este tiempo causando síntomas de intoxicación para los seres vivos que habitan en él (Pabón Guerrero et al., 2020). Adicionalmente la ingesta de

metales pesados en concentraciones altas puede provocar en los seres vivos la inhibición de actividades enzimáticas (Rios, 2018).

Los datos obtenidos de la medición inicial de metales pesados, de los residuos de la FCIAB son bajos con respecto a los límites permisibles de descarga. Lo cual se debe a la cantidad de análisis o experimentos realizados, sin embargo, estos niveles pueden incrementar de manera proporcional a la cantidad de análisis que se realicen, ya sea de curtiembres o de proyectos que vinculen la caracterización de tratamientos de aguas, residuos líquidos o productos con metales pesados. Por ello se plantea un tratamiento de estabilización-solidificación con el fin de reducir la concentración de los contaminantes a niveles bajos o indetectables.

3.1.4 Resultados del proceso de estabilización-solidificación de los residuos LACONAL, académicos e investigación.

Una vez obtenido el residuo estabilizado mediante las proporciones de la tabla N°9 y esperado alrededor de 7 días. Se procedió a utilizar la técnica TCLP, luego se procedió finalmente a filtrar para luego caracterizar las muestras. Para ello se tomó alícuotas según la sensibilidad de medición del fotómetro. En algunos casos se debieron realizar dilución para lograr su detección. En la tabla 15 se muestran los resultados de su caracterización. En donde se refleja los resultados de las concentraciones de metales pesados y metales de mayor influencia en un lixiviado.

Tabla 15. Resultados de caracterización química de residuos acuosos estabilizados

Tipo de residuo	Tratamiento	Parámetros medidos							
		Hierro (Fe) mg/l	Cobre (Cu) mg/l	Cromo VI (Cr ⁺⁶) mg/l	Manganeso (Mn) mg/l	Zinc (Zn) mg/l	Aluminio Al mg/l	Plomo Pb mg/l	Cadmio Cd mg/l
LACONAL	1	2	0,1	0,5	40	4	0,2	0,161	0,00369
	2	0	0	1	40	0,4	0	0,188	0,00319
	3	10	0	2,1	40	28	0	0,00299	0,00713
	4	0,12	0	0,758	4	0,1	0	0,00118	0,00653
	5	0,17	0,2	0,576	16,4	0,1	0	0,00558	0,00510

Límites permisibles (Anexo 1)		-	1	0,5	10	2	5	0,5	0,02
Laboratorios académicos	1	0,01	0,2	0,028	6	2,9	0	0,00207	0,00320
	2	0,002	0	0,179	4	0,6	0	0,00046	0,00127
	3	0,08	0,4	0,613	4	0,8	0	0,00521	0,00143
	4	0,04	0,1	0,360	4	0,2	0	0,00696	0,00150
	5	0,15	0	0,049	4	7,5	0	0,00116	0,00272
Límites permisibles (Anexo 1)		-	1	0,5	10	2	5	0,5	0,02
Laboratorios de Investigación	1	0,03	0	0,974	3	2,3	1,6	0,00634	0,00324
	2	0,01	0	0,361	4	0,4	0	0,00608	0,00396
	3	0,02	0	0,079	4	0,1	0	0,00405	0,00001
	4	0	0,1	0,045	4	1,3	0,3	0,00168	0,00435
	5	0,05	0	0,066	4	2,7	0,1	0,00405	0,00080
Límites permisibles (Anexo 1)		-	1	0,5	10	2	5	0,5	0,02

Los resultados del tratamiento de estabilización-solidificación aplicados en los residuos de los tres laboratorios mostraron una disminución significativa con respecto a las concentraciones iniciales obtenidas en las tablas 13 y 14. En la tabla 15 se muestran valores de cromo VI de 0,5 mg/l, 0,028 mg/l y 0,0361 mg/l pertenecientes a los residuos de laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente. Los cuales, al ser contrastados con datos de la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de Descarga en cuerpo receptor anexo 1, entran en el rango del límite máximo permisible, pues su valor máximo es de 0,5 mg/l. Con lo cual se puede decir que este tipo de tratamiento es uno de los más favorables para los residuos peligrosos de los laboratorios, debido a la disminución de las concentraciones del cromo VI. En estudios de Trezza y SCIAN (2009), se aplicó un tratamiento que incluía el uso de cemento para estabilizar residuos acuosos, donde se obtuvo un porcentaje del 67,21% de cromo retenido en las muestras residuales, convirtiendo a esta técnica una de las más favorables para la retención de este tipo de metales en residuos acuosos.

Con respecto a los metales como el plomo y cadmio según la tabla 15 se obtuvieron valores de plomo en concentraciones de 0,00118 mg/l, 0,00116 mg/l y 0,00168 en los residuos los residuos de laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente. Y para cadmio los valores obtenidos fueron 0,00319 mg/l, 0,00127 mg/l y 0,00001mg/l en los residuos de laboratorios LACONAL, académicos e investigación respectivamente. Estos valores encontrados son relativamente bajos y no

exceden los límites máximos de la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental. Por lo tanto, se asume que el uso de cemento portland provoca una reacción que atrapa compuestos inorgánicos y orgánicos. Esta información corrobora los estudios de Poletini (2004), donde afirma que el usar cemento tipo portland para tratar suelos contaminados ayuda a mantener en su estructura a compuestos como el cromo, plomo y cobre en un 22% más que otros con el uso de otros aglomerantes (Lara-Díaz & Melgoza-Alemán, 2009).

Con respecto a la selección del mejor tratamiento, se procedió a contrastar a cada valor medido del residuo con la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de Descarga en cuerpo receptor Anexo 1 y el TULAS. Donde como resultado se obtuvo lo siguiente, para el residuo LACONAL el cuarto tratamiento es el seleccionado como mejor, ya que, cumple con los límites permisibles en los parámetros de hierro, Cobre, manganeso, zinc, aluminio, plomo y cadmio. Los resultados obtenidos fueron 0,12 mg/l de hierro (Fe), 0 mg/l de cobre (Cu), 0,759 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 0,1 mg/l de zinc (Zn), 0 mg/l de aluminio (Al), 0,00118 mg/l de plomo (Pb) y 0,00653 mg/l de cadmio (Cd). Sin embargo, el parámetro del cromo VI en todos los tratamientos no cumple con límite de 0,5 mg/l. Solo en el tratamiento 1 llega al límite de 0,5 mg/l. Este fenómeno puede deberse a la característica del residuo, pues este residuo inicialmente poseía un valor de 31,800 mg/l de cromo VI, lo cual indica que necesita de otras proporciones mayores de cemento u otros aditivos estabilizantes debido a la gran cantidad de cromo existente en este residuo. Otro fenómeno a considerar es el pH del residuo. En este caso el pH estuvo en 12,75, lo cual para aplicar este método no es recomendable ya que en investigaciones similares se registra un fenómeno de poca adsorción del metal, pues concluye que una carbonatación excesiva del cemento ocasiona un proceso de desorción de metales con el transcurso del tiempo (Pellegrini et al., 2006).

De igual forma se procedió a seleccionar el mejor tratamiento que funcionó para estabilizar y solidificar los residuos de los laboratorios académicos registrados en la tabla 15, obteniendo como mejor tratamiento el número 2. Donde se obtuvo como resultados 0,002 mg/l de hierro (Fe), 0 mg/l de cobre (Cu), 0,179 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 0,6 mg/l de zinc (Zn), 0 mg/l de aluminio (Al),

0,00046 mg/l de plomo (Pb) y 0,00127 mg/l de cadmio (Cd). Resultados que, al ser comparados con la norma de Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de Descarga en cuerpo receptor anexo 1, cumplen y a su vez son menores al valor del límite permisible. Estos resultados tan buenos se deben al fenómeno causado entre la reacción del cemento y sus compuestos carbonatados, logrando que los metales reaccionen y se inmovilicen sus iones, todo esto causado por el principal producto de hidratación del cemento (Silicato cálcico hidratado C-S-H) (Saenz, 2005).

Para la selección del mejor tratamiento de los residuos de laboratorios de investigación se procedió a comparar los resultados obtenidos con la norma establecida, en donde el tratamiento 4 destacó por sus resultados más aceptables y que entran dentro del rango permisible de descarga, debido a que se obtuvo valores de 0 mg/l de hierro (Fe), 0,1 mg/l de cobre (Cu), 0,045 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 1,3 mg/l de zinc (Zn), 0,3 mg/l de aluminio (Al), 0,00168 mg/l de plomo (Pb) y 0,00435 mg/l de Cadmio (Cd). Siendo estos resultados favorables al igual que en la investigación de Saenz (2005) para el tratamiento de lodos donde menciona que, el uso de esta técnica de estabilización logra 94,05% de retención de metales en la solidificación con cemento y solo un 5,95% de los metales y demás componentes son transferidos al lixiviado.

Resultados similares con respecto al uso del proceso de estabilización-solidificación, fueron encontrados en los estudios de Casseres et al., (2008) donde estabilizó lodos con alto contenido en metales pesados, en una matriz de cemento Portland, donde obtuvo resultados por debajo de los límites permisibles de la normativa ambiental colombiana y una retención del 99% de metales como cobre, níquel y zinc. En otros estudios de Martínez-López et al., (2014) donde se aplicó el proceso de solidificación-estabilización se obtuvieron valores de 0.12mg/l de zinc, <0.05 mg/l de cromo, <0.13 de plomo, <0.002 de arsénico los cuales comparados a normas internacionales son relativamente bajos, concluyendo que la matriz de cemento capturo estos residuos de manera efectiva.

De igual forma resultados de investigaciones realizadas por Hernández y Flores (2013) en tratamientos de estabilización-solidificación empleados en los laboratorios de la

universidad de UNAN-LEON, mostraron resultados satisfactorios, ya que se logro eliminar el 76% de la concentración inicial del arsénico presente en las aguas residuales de los laboratorios de servicios e investigación.

Mediante este proceso de estabilización-solidificación se han logrado muy buenos resultados, obteniendo incluso valores debajo la norma. Sin embargo, estos valores pueden mejorar aún más con el uso de otro tipo de aglomerantes o añadiendo otros elementos que enriquezcan las capacidades de retención en la matriz de cemento. Entre estos se puede añadir el catalizador craqueo catalítico (FCC), el cual posee altos niveles de óxidos y una gran capacidad de dispersión con lo cual llega a poseer características puzolánicas (Martínez-López et al., 2014). Adicionalmente se pueden realizar estudios para utilizar estas estabilizaciones para usos estructurales. Siempre y cuando cumplan las normativas de compresión y lixiviación, para que pueda soportar los diversos fenómenos que existen en el ambiente.

3.1.5. Tratamiento con oxidación avanzada

De manera paralela al estudio de estabilización se implementó un tratamiento en base a la oxidación avanzada (OA). En donde se utilizó como parámetro de medición de contaminación la DQO, ya que es un parámetro que indica la cantidad de oxígeno que se obtiene a partir de oxidantes químicos requeridos para una oxidación completa de sustancias disueltas o suspendidas en agua (Calvo, s. f.). Una vez aplicados los tratamientos registrados en la tabla 10 se obtuvo los siguientes resultados de DQO registrados en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados de tratamiento de procesos de oxidación avanzada (OA) con Fenton

N° de Tratamiento	Valor de DQO mg/L
Muestra cruda	5225.38
1	1092.96
2	775.895

3	557.193
4	436.529

Los resultados de la tabla 16 muestran que, de los 4 tratamiento aplicados al residuo LACONAL, el tratamiento cuatro aportó un valor de 436.529 el cual es menor al rango establecido en el TULSMA siendo en el valor máximo permitido es de 500 mg/L. Este resultado favorable se debe a la reacción del peróxido de hidrógeno (H_2O_2) con el catalizador que es el (Fe^{+2}), generando radicales hidroxilos ($*OH$) mismos que son capaces de reaccionar con el material orgánico de acuerdo a las reacciones de la figura 2 (Montes, 2011). Resultados similares se obtuvieron con el uso del tratamiento de oxidación avanzada con Fenton, para tratar aguas residuales de la industria textil, donde como DQO inicial se obtuvo 1700 mg/l, posterior al tratamiento la DQO fue de 40 mg/l después de 110 min de reacción (C, 2010).

En los demás tratamientos se ha observado una disminución importante de la DQO. Sin embargo, las proporciones de peróxido (H_2O_2) y sulfato de hierro hepta-hidratado ($FeSO_4*7H_2O$) no son las suficientes para disminuir de manera eficiente la DQO. Con lo cual se obtuvo valores de 1092.96 mg/l, 775.895 mg/l, 557.193 mg/l en los tratamientos uno, dos y tres respectivamente. Según estudios de C (2010) altas concentraciones de peróxido (H_2O_2) en la relación estequiométrica, no son aconsejables ya que propicia la aparición de reacciones que consumen el hierro y los radicales hidroxilo. Esto explica que las proporciones establecidas para los tratamientos uno, dos y tres no son los adecuados para una máxima remoción de contaminantes químicos presentes en el agua.

En estudios de Sánchez Proaño et al. (2018) obtuvo un 44,4% en la eficiencia de reducción de la DQO y en la relación DBO_5/DQO valores de 0,22 a 0,46 concluyendo que el uso de este método es ideal como pretratamiento a sistemas convencionales de tratamiento. Ya que con ello se consigue evitar gastos de reactivos para la oxidación.

Por esta razón después de la determinación de la DQO post-tratamiento, el residuo resultante del tratamiento 4 de los residuos LACONAL fue seleccionado para tratarlo en la PTAR del laboratorio de ambiental. Con el fin de conseguir reducir la DQO y la

presencia de algunos metales con la ayuda de los materiales adsorbentes como la piedra caliza, turba o el carbón activado.

3.1.6 Tratamiento en planta piloto basado en columnas de adsorción

Se trató 1 litro del residuo LACONAL, el cual se colocó en un recipiente plástico donde se ajustó su pH a 2,8, luego se añadió el sulfato ferroso hepta-hidratado y finalmente el peróxido de hidrogeno. Este valor de pH ácido se debe a que en pH alcalinos mayores a 3, el peróxido de hidrogeno tiende a descomponerse en oxígeno molecular y agua, provocando una disminución de radicales OH y por ende reduce la eficiencia de este método (Meléndez, 2019).

Posteriormente se dejó reposar 15 horas, con el fin de que se produzca la reacción de oxidación y reducción completamente de los compuestos presentes en el residuo. Pasadas las 15 horas se procedió al ajuste de pH a 8, ya que el pH afecta de manera significativa en la adsorción de los materiales como la piedra caliza, carbón activado y turba. Luego fue bombeado hacia las columnas de adsorción de piedra caliza y carbón activado.

Tabla 17. Resultados de DQO post-tratamiento del residuo LACONAL

Número de veces pasadas a través de la planta piloto	DQO mg/L
1	1792,4
2	1600
3	284,1

Los resultados de la tabla 17 refleja que se obtuvo en la primera corrida un DQO de 1792,4 mg/l Estos datos reflejan que se removió el 65% del valor inicial de un DQO de 5225.38. Sin embargo, aunque el porcentaje es alto el valor no cumple la normativa de límites permisibles del TULSMA, por lo cual nuevamente se procedió a realizar una segunda corrida del residuo por la planta de tratamiento piloto.

En esta segunda corrida se obtuvo un valor de 1600 mg/L de DQO. Este valor demuestra que existe una disminución, sin embargo, el valor sigue alto por lo cual, nuevamente se realizó una tercera corrida. En la tercera corrida se obtuvo un valor de 284 mg/l de DQO. Valores que son aceptable con respecto a la norma del TULSMA. Este fenómeno de reducción gradual se puede atribuir a los tiempos de retención del residuo dentro del sistema de tratamiento. Pues estos al estar por un tiempo largo dentro del material adsorbente puede llegar a saturar los sitios de adsorción con lo cual no permite la correcta captura de iones presentes en el agua (Rodríguez et al., 2021). Adicionalmente se puede atribuir a este fenómeno la no purga total en las columnas de adsorción con lo cual, el residuo aun presente mezclado con el recién ingresado interfiere en la propiedades físico-químicas del adsorbato y del adsorbente. Con lo cual provoca una modificación a la afinidad del adsorbato por los sitios de adsorción (Selatnia et al., 2004).

Adicionalmente el factor influyente para obtención de estos valores son los tipos de materiales usados en este caso la piedra caliza. Este material presenta altas eficiencias debido a su estructura micoporosa, ya que a menor tamaño en el poro existe una mayor interacción con el adsorbato y las fuerzas atractivas. Con lo cual este material logra un mayor acercamiento a las moleculas hacia la superficie (Naranjo, 2017). De igual forma el carbón activado es otro material muy importante dentro de este sistema, pues es catalogado como el adsorbente mas versátil y de mayor uso. Ya que con su superficie interna de microporos y su composición interna de grupos funcionales oxigenados y nitrogenados, ha podido adsorber a los compuestos que poseen grupos funcionales como el hidroxilo, carboxilo y carbonilo (Tejada-Tovar et al., 2014). Con lo cual ha favorecido a la obtención de buenos resultados en el tratamiento del residuo del laboratorio LACONAL.

Estudios realizados por Jurado (2022), corroboran la eficiencia de esta planta con respecto a la remoción de metales y compuestos químicos pues obtuvo altos porcentajes de remoción con respecto a la turbidez, hierro y arsénico, cobre, cadmio, manganeso y aluminio con porcentajes de 96%, 99,94%, 94.06%, 99.66%, 95.73% respectivamente. Con lo cual se evidencia una eficiencia en remoción de

contaminantes mediante el uso de plantas de tratamientos con materiales adsorbentes y filtrantes.

Con los buenos resultados obtenidos se intentó realizar un tratamiento a mayor escala, donde se unieron todos los residuos del laboratorio para realizar un solo tratamiento de todas las aguas, obteniendo alrededor de 100 litros de residuos en total a tratar. Se empezó obteniendo el valor de DQO inicial el cual fue de 10330,099 mg/l, posterior a ello se aplicó el tratamiento de oxidación avanzada con Fenton, con 500ml peróxido (H_2O_2) y 70 gr de sulfato de hierro hepta-hidratado ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$).

Posteriormente las aguas fueron pasadas por la PTAR de columnas de adsorción donde se obtuvo un valor de 4749 mg/l logrando reducir casi el 50% de la DQO. Las figuras 5 y 6 muestran el resultado obtenido de las aguas donde se observa un cambio notorio de forma visual, ya que se obtuvo un agua más limpia.



Figura 5. Residuo antes del tratamiento OA con Fenton y PTAR



Figura 6. Residuo después del tratamiento OA con Fenton y PTAR

Pese a los buenos resultados visuales observados en las figuras 5 y 6, los valores obtenidos no se ajustan a la normativa del TULSMA para descarga hacia el alcantarillado. Por lo cual se aplicó nuevamente el tratamiento de oxidación con

Fenton a las mismas proporciones iniciales, sin embargo, no hubo cambios en la DQO. Concluyendo que los residuos de los laboratorios pasan a ser recalcitrantes ya que han llegado a una estabilidad química donde el tratamiento de oxidación avanzada con Fenton no logra los resultados deseados.

Fenómeno similar paso en el estudio de Jiang et al. (2011) donde concluye que uno de los dos reactivos ya sea el peróxido (H_2O_2) o el hierro (Fe^{+2}), han sido adicionados en cantidades mayores a las necesarias, ocasionando que ambos reactivos consuman $\cdot\text{OH}$, con lo cual merme el potencial de oxidación. En otras investigaciones se han comparado la relación molar existen entre $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{+2}$ para saber la eficiencia en la remoción de DQO, concluyendo que esta puede variar dependiendo el tipo y las características del residuo a oxidar (Tekin et al., 2006). Por lo cual en el escalado de este proceso no se obtuvo los resultados deseados debido a las características del residuo, lo cual también afecto a las columnas de adsorción pues los materiales adsorbentes pueden variar su capacidad de adsorción debido a las características físicas y químicas lo cual hace variar la capacidad de remoción de los metales presentes en el residuo (Rojas et al., 2012)

Otro factor importante a tener en cuenta es el pH, en este caso el pH utilizado fue de 8. Sin embargo, en estudios de Novelo et al. (2002) donde trató lixiviados mediante el uso de columnas de carbón activado, demostró que existe una eficiencia del 60 al 90% de remoción de la DQO en lixiviados cuando se realiza un ajuste de pH a 2 en el residuo. Esto debido a que, al bajar el pH, provoca una desestabilización en partículas coloidales, lo cual induce la formación de flóculos los cuales ya pueden ser eliminados por el carbón. Además, en este mismo estudio indica que la eficiencia de remoción de DQO en lixiviados sin ajuste de pH se reduce del 60 al 30%, por lo cual sigue otro tratamiento adicional para reducir la cantidad de contaminantes presentes en el lixiviado.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Los residuos peligrosos de los laboratorios de la FCIAB se estabilizaron mediante la técnica de solidificación-estabilización, con el uso del cemento tipo portland puzolánico y la cal, mediante la aplicación de varios tratamientos a diferentes proporciones de los mismo. Con lo cual se consiguió excelentes resultados, ya que se obtuvo valores relativamente bajos con respecto a la norma de la Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de Descarga en cuerpo receptor anexo 1 y el TULSMA. Siendo esta técnica una de las mejores para reducir las concentraciones de hierro, cobre, cromo VI, manganeso, zinc, aluminio, plomo y cadmio. Sin embargo, eso dependerá del tipo de residuo y sus parámetros físico-químicos ya que puede afectar a la reacción de encapsulación.

Se elaboró un inventario en base a la información recolectada del personal de riesgos y del encargado de los laboratorios de la facultad, con lo cual se pudo clasificar a los residuos de los laboratorios de la FCIAB en tres grupos que son: residuos de laboratorios LACONAL, residuos de laboratorios de investigación y residuos de laboratorios académicos, con una estimación de generación mensual de residuos de 744kg, 144 kg y 60kg respectivamente. Adicionalmente, se estimó una producción anual de 948 kg de residuos. Con lo cual se sugiere la aplicación de un plan de gestión de residuos o tratamiento para reducir estas cantidades de producción, ya que la implementación de un plan de gestión de residuos o tratamientos puede reducir 79% el volumen de residuos líquidos, según investigaciones realizadas en el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (ITBA).

Se desarrolló un procedimiento de estabilización, mediante el uso de cemento tipo portland puzolánico y cal. Con lo cual se obtuvo resultados muy favorables, en donde de los 4 tratamientos establecidos para cada residuo el tratamiento 4 fue el adecuado para el residuo de LACONAL, en el cual usó proporciones de 400 ml de residuo acuoso y 600 gr de cemento. Para el residuo de laboratorios académicos el tratamiento 2 fue ideal para su estabilización-solidificación, en donde se usó proporciones de 300

ml del residuo acuoso y 700gr de cemento. Finalmente, para los residuos de laboratorios de investigación, el tratamiento 4 fue el ideal con proporciones de 400 ml del residuo acuoso, 500gr de cemento y 100 gr de cal. Cada uno de estos tratamientos al analizar sus lixiviados brindaron resultados relativamente bajos, con respecto a la norma de la Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de Descarga en cuerpo receptor anexo 1 y el TULSMA.

Se determinaron las características de lixiviación mediante fotometría y espectrofotometría de absorción atómica de los metales pesados y minerales. Los cuales ayudaron a obtener valores para comparar con la normativa de la Dirección Metropolitana Ambiental, Límites de descarga en cuerpo receptor anexo 1 y el TULSMA. Con lo cual se obtuvieron valores de 0 mg/l de hierro (Fe), 0,1 mg/l de cobre (Cu), 0,045 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 1,3 mg/l de zinc (Zn), 0,3 mg/l de aluminio (Al), 0,00168 mg/l de plomo (Pb) y 0,00435 mg/l de Cadmio (Cd), pertenecientes a la estabilización del residuo de laboratorios de investigación. Para el residuo de laboratorios LACONAL, se obtuvo valores de 0,12 mg/l de hierro (Fe), 0 mg/l de cobre (Cu), 0,759 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 0,1 mg/l de zinc (Zn), 0 mg/l de aluminio (Al), 0,00118 mg/l de plomo (Pb) y 0,00653 mg/l de cadmio (Cd). Para los residuos de laboratorios académicos se obtuvo valores de 0,002 mg/l de hierro (Fe), 0 mg/l de cobre (Cu), 0,179 mg/l de cromo VI (Cr^{+6}), 4 mg/l de manganeso (Mn), 0,6 mg/l de zinc (Zn), 0 mg/l de aluminio (Al), 0,00046 mg/l de plomo (Pb) y 0,00127 mg/l de cadmio (Cd). Valores que al compararlos con la norma están por debajo de la norma de los límites máximos para descarga hacia alcantarillado, por lo cual los lixiviados que se generen de los residuos estabilizados, son seguros y sus concentraciones bajas no dañan los cuerpos acuosos a los que se descargue.

Se observó que los procesos de oxidación avanzada con Fenton ayudan a reducir la DQO de un valor inicial de 5225.38 mg/l a 436.529 mg/l de DQO. Valores que demuestran la efectividad de este tratamiento en la remoción de compuesto químicos, sin embargo, al proceder de realizar este proceso a mayor escala no produjo la misma efectividad, ya que al tratar todos los residuos de los laboratorios se obtuvo un porcentaje de remoción del 65% que, si bien ayudo a reducir el valor de la DQO, este no entra en los límites permisibles normados por el TULSMA. Concluyendo que el

uso de un tratamiento adicional diferente a este puede ayudar a reducir aún más este valor.

4.2 RECOMENDACIONES

Realizar estudios de resistencia y compresión para el aprovechamiento de los residuos estabilizados-solidificados, con el fin de que puedan tener un uso estructural.

Usar otros procesos de tratamientos para eliminar la mayor cantidad de compuestos químicos peligrosos, presentes en los residuos de los laboratorios que cumplan con la norma del TULSMA de límites permisibles de descarga hacia redes de alcantarillado.

Realizar diferentes tratamientos de estabilización-solidificación con el uso de otro tipo de cemento o aglomerantes, con el fin de obtener mejores resultados.

Desarrollar un plan de gestión de residuos para los laboratorios de la FCIAB con el cual se pueda reducir al máximo la generación de residuos generados por el uso de los laboratorios y las investigaciones que en él se realizan.

BIBLIOGRAFÍA

- American Public Health Association, & American Water Works Association. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. In Standard methods for the examination of water and wastewater (pp. 1000-1000).
- APHA-AWWA-WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=307542>
- Arce, O. (2000). Metales pesados presentes en el agua. Manual de prácticas de la Universidad Mayor de San Simón. Bolivia [en línea] Recuperado de: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/docentes/29/practicas/practica4.pdf>.
- Bain, R., Cronk, R., Hossain, R., Bonjour, S., Onda, K., Wright, J., Yang, H., Slaymaker, T., Hunter, P., Prüss-Ustün, A., & Bartram, J. (2014). Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Tropical Medicine & International Health*, 19(8), 917-927. <https://doi.org/10.1111/tmi.12334>
- Benavides, L. (1997). Guía para definición y clasificación de residuos peligrosos., CEPIS - GTZ.
- Berkowitz, J., Arthur D. Little, I., & Agency, U. S. E. P. (1977). *Physical, Chemical, and Biological Treatment Techniques for Industrial Wastes*. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Wastes, Hazardous Waste Management Division. <https://books.google.com.ec/books?id=0BJSAAAAMAAJ>
- Bertini, L. M., & Cicerone, D. S. (2009). *Gestión de Residuos Generados en Laboratorios de Enseñanza de Química en Entidades Universitarias con Participación Activa del Alumnado*. 9.
- Blanco Hernández, A. L., Alonso Gutiérrez, D., Jiménez de Blas, O., Santiago Guervós,

M., & Miguel Manzano, B. de. (1998). Estudio de los niveles de plomo, cadmio, zinc y arsénico, en aguas de la provincia de Salamanca. *Revista Española de Salud Pública*, 72(1), 53-65. <https://doi.org/10.1590/S1135-57271998000100007>

Blanco, M. (2014). Modelo conceptual para la gestión de residuos sólidos urbanos en Colombia. *Revista de Tecnología*, 13 (3), 109-114.

Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., Segura-Araya, G., Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>

C, G. S. (2010). TRATAMIENTO POR OXIDACIÓN AVANZADA (REACCIÓN FENTON) DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL. *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*, 13(1), 30-38.

Carrera, E. (2015). “NTP 359. Seguridad en el laboratorio: Gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades” Notas Técnicas Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, España , Recuperado de: <http://www.insht.es/>

Cadorin, L., Carissimi, E., & Rubio, J. (2007). Avances en el tratamiento de aguas ácidas de minas. *Scientia et Technica*, 4(36), 849-854.

Calvo, S. (s. f.). 2. RELACIÓN DE PRÁCTICAS DE ESTE MANUAL. 69

Casierra-Posada, F. (2005). *La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (Fragaria sp. Cv. Camarosa)*. 23(2), 7.

Casseres, S. T., Mesa, S. L., & Escalante-Hernández, H. (2008). Estabilización/solidificación, una alternativa para la deposición segura de lodos saturados con metales pesados. *Revista UIS Ingenierías*, 7(2), 169-178.

Colina, J. V. (s. f.). *TIPOS DE CONTAMINACIÓN, SUS FUENTES Y EFECTOS EN EL ESTUARIO DE LA BAHÍA DE SANTOÑA*. 12.

Constitución de la República del Ecuador. (1998). Ecuador. Recuperado de:
https://www.cancilleria.gob.ec/wp-content/uploads/2013/06/constitucion_1998.pdf

Echeverría Angulo, J. M. (2013). *Sustancia tóxica DDT en el Ecuador ¿Se cumplen las normas del derecho internacional, constitucional y de la legislación vigente?* (Bachelor's thesis, Quito, 2013.).

European Environment Agency. (2016). Netherlands - Material resource efficiency in Europe. Recuperado de <https://www.eea.europa.eu/publications/more-from-less/netherlands-material-resourceefficiency/view>

Facultad de Ciencia e ingeniería en alimentos. (2021). Historia FCIAB. Recuperado de: <https://fcial.uta.edu.ec/v4.0/index.php/facultad/historia-facultad>

Franson, M. A. H. (1992). *DEMOCRATURE: comment les médias transforment la démocratie*. Díaz de Santos.
<https://books.google.com.ec/books?id=mLhyRECwOqkC>

Gómez, O. (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública. Recuperado de: <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

Group, S. of the B. C. T. W., & Programme, U. N. E. (2002). *Technical Guidelines on*

Hazardous Wastes: Physico-chemical Treatment (D9), Biological Treatment (D8). Secretariat of the Basel Convention.
<https://books.google.com.ec/books?id=fcAeAQAAIAAJ>

HANNA, (2021). Manual de operaciones de fotómetro multiparamétrico HI83399.
Recuperado de:
https://cdn.hannacolombia.com/hannacdn/support/manual/2020/08/Manual_HI_83399.pdf

Harry, F. (1997). Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal (2nd Ed.)

Hermosilla, D., Cortijo, M., & Huang, C. P. (2009). Optimizing the treatment of landfill leachate by conventional Fenton and photo-Fenton processes. *Science of The Total Environment*, 407(11), 3473-3481.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.02.009>

Hernández Balmaceda, J. G., & Flores Dávila, A. I. (2013). *Solidificación y estabilización de metales pesados generados como residuos en los laboratorios de servicios e investigación, del departamento de química, Facultad Ciencias y Tecnología, UNAN-León* (Doctoral dissertation).

Hidalgo Montesinos, A. M., Gómez Gómezz, M., Murcia Almagro, M. D., & Lax Martínez, M. C. (2010). Análisis de diferentes técnicas de inertización de residuos peligrosos. *Conama 10 Congreso Nacional Del Medio Ambiente*.

Huang CP., Dong C., & Tang Z, (1993). Advanced chemical oxidation: its present role and potential future in hazardous waste treatment. *Waste Manage*;13:361–77.

INEN. (2017). Ecuatoriana Nte Inen 2266. *Tercera Revisión 2017-02*, 1-20.
Recuperado 27 de mayo de 2021, de
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2266.pdf

INEN, (2016). Información ambiental de hogares. Recuperado de:

https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares/Hogares_2016/Documento%20tecnico.pdf

INFORME Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales [IDEAM], 2017. Disponible en: http://www.andi.com.co/Uploads/Informe_RESPEL_2017.pdf

Informe del Banco Mundial: Los desechos a nivel mundial crecerán un 70 % para 2050, a menos que se adopten medidas urgentes. (2018). World Bank. Recuperado 5 de julio de 2022, de <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2018/09/20/global-waste-to-grow-by-70-percent-by-2050-unless-urgent-action-is-taken-world-bank-report>

Izquierdo, M. (2021). Análisis de la gestión de los desechos peligrosos y especiales domiciliarios en el Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/8177/1/T3562-MCCNA-Izquierdo-Analisis.pdf>

JIANG W., ZHANG W., LI B., DUAN J., LV Y., LIU W. y YING, W. (2011). Combined fenton oxidation and biological activated carbon process for recycling of coking plant effluent, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 189, p. 308-314.

Jurado, R. (2022). Tratamiento fisicoquímico de drenajes ácidos de roca (DARs) provenientes de las actividades de minería metálica en Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/34972/1/BQ%20313.pdf>

Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P. y Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A*

Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Recuperado de <http://hdl.handle.net/10986/30317>

Lara-Díaz, R. A., & Melgoza-Alemán, R. M. (2009). Solidificación-Estabilización de Cromo, Níquel y Plomo en una Matriz Sólida de Hormigón Fabricada con Cemento Portland. *Información tecnológica*, 20(1), 29-38. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642009000100005>

Ley, L. (2019). *ESTADÍSTICA DE RESIDUOS INDUSTRIALES. 2018*. 14.

Martínez, J. (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos—Fundamentos*. 164. Recuperado de: https://www.cempre.org.uy/docs/biblioteca/guia_para_la_gestion_integral_residuos/gestion_respel01_fundamentos.pdf

Martínez-López, C., Torres-Agredo, J., & Gutiérrez, R. M. (2014). Evaluación de la toxicidad de un residuo industrial estabilizado/solidificado con cemento Portland. *Revista UIS Ingenierías*, 13(1), 47-54.

Meléndez, F. A. (2019). Tratamiento de aguas residuales con colorantes reactivos mediante proceso de oxidación avanzada Fenton y variantes. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(1), 55-61. <https://doi.org/10.25127/aps.20191.483>

Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2015.). Recuperado 7 de enero de 2022, de <https://www.ambiente.gob.ec/sistema-de-gestion-de-desechos-peligrosos-y-especiales/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2012). Diagnóstico nacional de salud ambiental. Bogotá D.C.: MinAmbiente. Recuperado de : <https://goo.gl/tgn8ne>.

Montes, M. (2011). Tratamiento de lixiviados generados en el relleno sanitario de la

Cd. de Chihuahua, Méx. Recuperado de:
<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf>

Naranjo, D. V. (2017). *Estudio de un filtro biológico para el control de efluentes generados en una quesera en la parroquia Mulaló-cantón Latacunga, a base de piedra caliza, canutillos de.*
<http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/25959>

Novelo, R. I. M., Hernández, E. M., Franco, C. Q., CastilloBorges, E. R., & Riancho, M. R. S. (2002). *Tratamiento de lixiviados con carbón activado.* 10.

Osorio, J. R., Canepa, J. R. L., & Paz, R. C. D. (2011). CARACTERIZACIÓN Y PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS EN LA DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS-UJAT. *Kuxulkab'*, 17(32), Article 32.
<https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a17n32.377>

Pabón Guerrero, S. E., Benítez Benítez, R., Sarria Villa, R. A., & Gallo Corredor, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18. <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>

Pájaro, Y., & Díaz, F. (2012). REMOCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE DE AGUAS CONTAMINADAS USANDO QUITOSANO OBTENIDO DE EXOESQUELETO DE CAMARÓN. *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 283-298.

Palacios, O. A., & Cantor, C. A. (2019). *El manejo de residuos peligrosos en el entorno escolar como contribución para un ambiente sostenible. Abordaje mediante unidades didácticas.* 132.

Pellegrini, F., Hills, C. D., Carey, P. J., Gardner, K. H., & Maries, A. (2006). Sorption

and desorption of Cd, Co, Cu, Ni and Zn from carbonated Portland cement. *Advances in Applied Ceramics*, 105(4), 185-190. <https://doi.org/10.1179/174367606X120188>

Peris, M. (2006). Estudio de metales pesados en suelos bajo cultivos hortícolas de la provincia de Castellon (España) PhD. Tesis. Ingeniería Química. Valencia, España. Universidad de Valencia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). Perspectiva regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/26448?show=full>

Rios, P. T. (2018). “DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE HIERRO, MANGANESO Y COBRE EN AGUAS DEL RÍO CHIMINERO DE LA PROVINCIA DE CAJABAMBA”. 42. Recuperado de: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21341/Tirado%20R%20c3%ados%20Pool%20Herless%20-%20Valverde%20G%c3%b3mez%20Lenin.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

Rodríguez-Gámez, O., Pérez-Macías, R., Aguilera-Rodríguez, I., Pérez-Silva, R. M., & Abalos-Rodríguez, A. (s. f.). Remoción de cobre de aguas contaminadas empleando ramnolípidos. *Revista Cubana de Química*, 32(3), 511-526.

Rodríguez, Y. D., Lau, L. M., Suárez, A. G., Trasancos, L. R., & Silva, R. R. (2021). CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE MATERIALES NATURALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS DE PROCESO DE LA ACTIVIDAD PETROLERA. *Revista Centro Azúcar*, 48(3), 41-52.

Rojas, N. G., Villanueva Díaz, P., Campos, E., Alma, M., & Rodríguez, V. (2012). Análisis de la adsorción como método de pulimiento en el tratamiento de aguas residuales. *Quivera Año*, 14, 109–129. <https://quivera.uaemex.mx/article/view/10455>

Rugel, L. S. (2015). 2—*Edición Especial N° 316—Registro Oficial—Lunes 4 de mayo de 2015*. 80.

Sánchez Proaño, R. G., García Gualoto, K. J., Sánchez Proaño, R. G., & García Gualoto, K. J. (2018). TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE CARGAS INDUSTRIALES CON OXIDACIÓN AVANZADA EN SISTEMAS CONVENCIONALES. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 27(1), 103-111. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>

Saenz, O. J. P. (2005). *EVALUACIÓN PRELIMINAR DEL PROCESO DE ESTABILIZACIÓN / SOLIDIFICACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS BASADO EN EL USO DE CEMENTO PÓRTLAND ESTUDIO PARA LODOS DE METALES PESADOS*. 43.

Sande Fouz, P. (2002). Estudio del contenido en fósforo y sólidos en suspensión de aguas superficiales en pequeñas cuencas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. Universidad de La Coruña. 148 pp.

Secretaría del Convenio de Basilea, (2002). Manual de formación en gestión de residuos peligrosos para países en vías de desarrollo. ISWA, UNEP. Recuperado de: basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf

Selatnia, A., Bakhti, M. Z., Madani, A., Kertous, L., & Mansouri, Y. (2004). Biosorption of Cd²⁺ from aqueous solution by a NaOH-treated bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass. *Hydrometallurgy*, 75(1–4), 11–24. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2004.06.005>

Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6-11. <https://doi.org/10.21500/20275846.269>

- Tejada Tovar, C., Villabona Ortiz, A., & Ruiz Paternina, E. (2014). Remoción de Pb (II), Ni (II) y Cr (VI) en soluciones acuosas usando matrices modificadas químicamente. *Prospectiva*, 12(2), 7. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i2.265>
- TEKIN H., BILKAY O., ATABERK S., BALTA T., CERIBASI I., SANIN F., DILEK F. y YETIS U., (2006). Use of Fenton oxidation to improve the biodegradability of a pharmaceutical wastewater, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. B136, p. 258-265.
- Tovar Artunduaga, M., Losada Salazar, G. M., & García, T. F. (2015). Impacto en la salud por el inadecuado manejo de los residuos peligrosos. *Ingenierías USBMed*, 6(2), 46-50. <https://doi.org/10.21500/20275846.1731>
- Trezza, M. & SCIAN, A. (2009). Estructura y Propiedades de Clinkers de Cemento Portland Obtenidos con Combustibles Residuales. Argentina. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/1276/127612575001.pdf>
- US EPA, O. (2015). SW-846 Test Method 1311: Toxicity Characteristic Leaching Procedure [Other Policies and Guidance]. Recuperado 26 de mayo de 2021, de US EPA website: <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-1311-toxicity-characteristic-leaching-procedure>
- Vallejo, M. A. (s. f.). *ACUERDO No. 161 LA MINISTRA DEL AMBIENTE*. 44.

ANEXOS

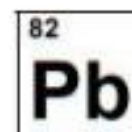
Anexo 1

Límites máximos permisibles por cuerpo receptor

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y grasas	A y G	mg/l	100	50
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico total	As	Mg/l	0,1	0,1
Cadmio	Cd	Mg/l	0,02	0,02
Caudal máximo	-	l/s	1,5 veces el caudal (1)	4,5 dato referencial.
Cianuro	CN ⁻	Mg/l	1,0	0,1
Cobre	Cu	Mg/l	1,0	1,0
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	Mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	Mg/l	0,2	0,2
Fósforo Total	P	Mg/l	15	10
Hidrocarburos Totales	TPH	Mg/l	20	20
Materia flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	Mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	Mg/l	0,01	0,005
Níquel	Ni	Mg/l	2,0	2,0
Organoclorados totales	Concentración	Mg/l	0,05	0,05
Organofosforados totales	Concentración	Mg/l	0,1	0,1
Plomo	Pb	Mg/l	0,5	0,2
Potencial de hidrógeno	PH		5-9	5-9
Sólidos Sedimentables	-	MI/l	10	1,0
Sulfuros	S	Mg/l	1,0	0,5
Sulfatos	SO ₄	Mg/l	400	1000
Temperatura	-	°C	< 40	< 35
Tensoactivos	MBAS (2)	Mg/l	0,5	0,5
Zinc	Zn	Mg/l	2,0	2,0

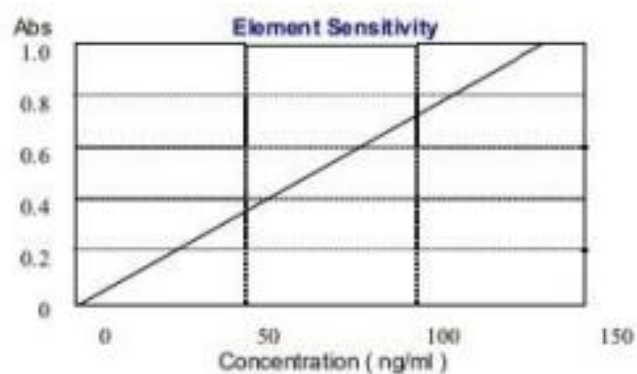
Anexo 2. Ficha técnica para medición de metales pesados en EAA

Lead



Analysis Parameters

Analytical Line:	283.3nm
Bandwidth:	0.4nm
Filter Factor:	0.1
Lamp Current:	3.0ma
Integration Time:	3.0sec
Background:	None
Graphite Type:	Platform coated
Sample size:	10ul
Acidity:	0.1% Nitric
Sensitivity:	5.18pg/ml
Detection Limit:	3.88pg/ml
Working Range:	1.00– 100.0ng/ml



Stage	Temp	Ramp	Hold	Int	Gas
1	70	10	10		high
2	110	10	10		high
3	450	10	15		high
4	1800	0	3	yes	off
5	1900	1	2		high

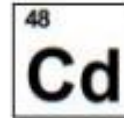
Standard Solution

Standard Solutions should be made up from stock solution of 1000mg/l. Dilutions should be Carried out in stages and acidified using Nitric Acid > 1% to avoid precipitation.
1000mg/l Standard solution: Part no.

Interferences

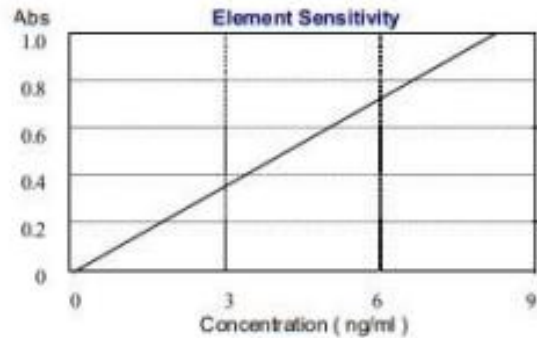
Lead is a difficult element to analyse as it requires an accurate ashing temperature which should be optimised for the individual analysis. Adding 0.01% Lanthanum nitrate will improve the problem.

Cadmium



Analysis Parameters

Analytical Line: 228.8nm
Bandwidth: 0.4nm
Filter Factor: 0.1
Lamp Current: 5.0ma
Integration Time: 3.0sec
Background: D2
Graphite Type: Platform coated
Sample size: 10ul
Acidity: 0.1% Nitric
Sensitivity: 0.4pg/ml
Detection Limit: 0.25pg/ml
Working Range: 0.10–6.0ng/ml



Stage	Temp	Ramp	Hold	Int	Gas
1	90	5	10		high
2	120	5	10		high
3	500	5	10		high
4	1800	0	3	yes	off
5	1900	1	2		high

Standard Solution

Standard Solutions should be made up from stock solution of 1000mg/l. Dilutions should be carried out in stages and acidified using Nitric Acid > 1% to avoid precipitation.
1000mg/l Standard solution: Part no.

Interferences

It is advisable to use D2 background correction when analysing this element. A matrix modifier of 100ug/ml Ammonium Phosphate can be used to stop the element from releasing prior to the atomisation

Anexo 3. Ficha técnica de cemento Selvalegre

FICHA TÉCNICA SELVALEGRE

DENOMINACIÓN

- SELVALEGRE es un Cemento Portland Puzolánico Tipo IP, diseñado para construcciones de hormigón en general.
- Cumple con los requerimientos de la norma NTE INEN 490 (Norma Técnica Ecuatoriana) y ASTM C 595.
- La fabricación es controlada bajo un sistema de gestión de calidad.
- Cuenta con Certificado de Conformidad con Sello de Calidad INEN.
- Posee Licencia Ambiental.

APLICACIONES

Con este producto se pueden elaborar hormigones para la construcción de:

- Casas y edificios
- Obras viales: puentes, viaductos, obras de arte, etc.
- Obras sanitarias e hidráulicas.
- Obras civiles en la industria petrolera.

PRECAUCIONES

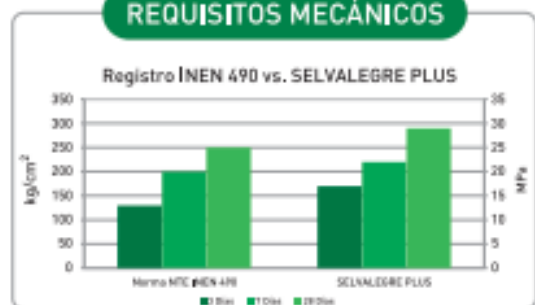
Almacenamiento

- Adquirir el cemento en distribuidores autorizados.
- Evitar contacto directo con el suelo.
- Evitar contacto con las paredes perimetrales de la bodega.
- En ambientes húmedos asegurar una ventilación adecuada.
- No exceder los 60 días de almacenamiento.

Para aplicación

- Emplear dosificación de hormigón diseñada en un laboratorio calificado.
- Corregir periódicamente las mezclas para mantener constantes la relación agua/cemento.
- Inicia el curado lo más pronto posible y evitar desecación.

REQUISITOS MECÁNICOS



REQUISITOS QUÍMICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Pérdida por calcinación	≤ 5%	1,4%
Magnesio (MgO)	≤ 6%	3,3%
Sulfatos (SO3)	≤ 6%	3,6%

REQUISITOS FÍSICOS

PARÁMETRO	INEN 490	SELVALEGRE PLUS
Fraguado inicial	≥ 45 ± 420 min	140 min
Expansión	≤ 0,8%	0,84%
Contenido del aire	≤ 12%	6,8%

Anexo 4. Límites de descarga permisible del TULSMA

TABLA B. LÍMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	70,0
Explosivos o inflamables	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cinc	Zn	mg/l	10,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500,0
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60,0
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables	SD	ml/l	20,0
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	220,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1.600,0
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	400,0
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0

ANEXO 5

Anexo fotográfico

Foto 1. Residuos Recolectados.



Foto 2. Residuos Recolectados



Foto 3. Almacenamiento de residuos.



Foto 4. Medición de parámetros



Foto 5. Tratamiento del residuo.



Foto 6. Estabilización del residuo



Foto 6. Extracción de la estabilización.



Foto 7. Filtración del extracto



Foto 6. Medición en (EAA).

