



Universidad de Valladolid

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

**Sistema de secuestro selectivo de metales en
aguas mediante biopolímeros**

Autor:

María Sanz Villalón

Tutores:

**Matilde Alonso Rodrigo
Israel González de Torre**

Valladolid, Marzo de 2019

TÍTULO: **“Sistema de secuestro selectivo de metales
en aguas mediante biopolímeros”**

AUTOR: María Sanz Villalón

TUTOR: Matilde Alonso Rodrigo
TUTOR: Israel González de Torre

DEPARTAMENTO: Química Analítica

TRIBUNAL

PRESIDENTE:

VOCAL:

SECRETARIO:

FECHA: Marzo de 2019

CALIFICACIÓN:

Resumen

La contaminación y escasez del agua de los ríos que existe en nuestro planeta es una gran preocupación a nivel mundial, ya que el agua es un bien de primera necesidad. El agua está presente en casi todas las actividades que se realizan en el día a día de las personas, desde la actividad industrial hasta las actividades domésticas, además la contaminación del agua de los ríos y mares afecta de primera mano a la fauna y flora que vive en ella. Existen dos tipos de contaminación del agua de los ríos y mares, una es la contaminación natural debida a la erosión de las rocas o el mercurio que se encuentra naturalmente en la corteza de la Tierra; el otro tipo de contaminación es la antropogénica o más conocida la contaminación provocada por el hombre. El segundo tipo de contaminación es de gran preocupación. En el presente trabajo se habla de la contaminación antropogénica, más concretamente la contaminación causada por la actividad minera. Este tipo de contaminación provoca al agua contener unas concentraciones más altas de las permitidas por la legislación de metales pesados, los cuales son muy contaminantes en altas concentraciones pudiendo causar enfermedades al inhalarlo o ingerirlo. Existen varios métodos para poder eliminar los metales pesados del agua, algunos de ellos son: la filtración por membrana, la ósmosis inversa, la nanofiltración, la ultrafiltración, el intercambio iónico, la adsorción... Para este trabajo me he centrado en la bioadsorción con biopolímeros basados en elastina (ERLs). Como bioadsorbentes se han utilizados dos biopolímeros el HRGD6 y el VOKx72, estos polímeros contienen aminoácidos los cuales tienen gran afinidad con los metales y mediante los diferentes procesos que se realizan provocan una microprecipitación pudiendo disminuir concentración de estos metales en agua. El polímero HRGD6 tiene una masa atómica mayor que la del VOKx72 y contiene algún aminoácido como la histidina que el VOKx72 no tiene. Ambos polímeros tienen aplicaciones en el ámbito de la medicina, el HRGD6 tiene aplicaciones de administración de fármacos para terapias anticancerosas, para enfermedades interarticulares, oculares, o infecciosas, cáncer y diabetes.

PALABRAS CLAVE Agua, contaminación antropogénica, MATSA, polímero, ERLs, HRGD6, VOKx72, concentración, complejo, metal pesado.

Abstract

The pollution and shortage water in rivers or seas of our planet is a deep preoccupation at global level. Due to the water is a good of first need, it is present in almost all human daily activity, from the industrial to domestic activity, the animals and the vegetation that live in rivers and seas are the first affected for pollution. There are two kinds of water pollution of rivers and seas, one is the natural contamination, caused by the erosion of rocks or mercury that is naturally found in the earth's crust; the other kind of pollution is the anthropogenic pollution, it is more known as the contamination caused by the human. The second kind of contamination is the most worrisome. In this work we will talk about anthropogenic pollution, in special the pollution caused by mining activity. This kind pollution suppose higher production of concentration of heavy metals that the legislation allows. This heavy metals are quite dangerous for human being and it can cause diseases by inhalation or ingestion. There are several methods to remove heavy metals from water, as membrane filtration, reverse osmosis, nanofiltration, ultrafiltration, ion exchange, adsorption. In this work, I have focused on bioadsorption with elastin-based biopolymers (ERLs) as bioadsorbents, two biopolymers have been used, HRGD6 and VOKx72, these polymers contain amino acids that have great affinity for metals, and through different processes cause microprecipitation of the formed complexes allowing to reduce the concentration of these metals in water. The polymer HRGD6 has an molecular weight than that of VOKx72 and contains some amino acid such as histidine that VOKx72 does not have. Both polymers have applications in the field of medicine; for instance, the HRGD6 has been applied in drug delivery applications for anticancer therapies, for interarticular, ocular, or infectious diseases, among others.

KEYWORDS Water, anthropogenic pollution, MATSA, polymer, ERLs, HRGD6, VOKx72, concentration, complex, heavy metal.

◦

A mis padres, por sus ánimos y apoyo en todo momento.

A mi hermano, por sus consejos y ánimos desde el principio.

A Fer, por esa paciencia infinita que tiene conmigo y por haberme ayudado en todo lo que ha podido.

Todo parece imposible hasta que se hace.
-Nelson Mandela-

Lista de Siglas y Acrónimos

Cu: Cobre

Cd: Cadmio

Fe: Hierro

Hg: Mercurio

Zn: Zinc

Pb: Plomo

T_t : Temperatura de transición

ERLs: Elastin-like recombinamers

PBS: Phosphate buffered saline

mg: Miligramos

mL: Mililitro

tn: Tonelada

€: Símbolo del euro

m^3 : Metros cúbicos

pol: Polímero

C_o : Concentración inicial

C_f : Concentración final

t: Tiempo

w: Revoluciones por minuto

centri: Centrífuga

kDa: KiloDalton

asp: Ácido aspártico

ser: Serina

glu: Ácido glutámico

gly: Glicina

his: Histidina

arg: Arginina

thr: Treonina

ala: Alanina

pro: Prolina

val: Valina

met: Metionina

lys: Lisina

ile: Isoleucina

leu: Leucina

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Objetivos	2
1.2. Estructura del trabajo	2
1.3. Contaminación Antropogénica	3
1.4. Contaminación por la actividad minera	4
1.4.1. MATSA	6
Responsabilidad	7
Centros operativos	7
Proceso Productivo	8
1.4.2. Metales pesados	9
Cadmio	10
Cobre	10
Hierro	11
Mercurio	11
Plomo	12
Zinc	12
1.5. Marco legislativo asociado a las emisiones de metales pesados de uso industrial	13
1.5.1. Valores límite de concentración de metales pesados en aguas potables y residuales	14
1.6. Alternativas para poder eliminar la concentración de metales en agua . .	14
1.6.1. Físicos	14

1.6.2. Químicos	15
1.6.3. Térmicos	16
1.6.4. Biológicos	17
2. Materiales y Métodos	19
2.1. Materiales	19
2.1.1. Material	19
2.1.2. Equipo	20
2.1.3. Reactivos	20
2.1.4. Software	20
2.2. Métodos	20
2.2.1. Bioadsorción como método de eliminación de metales pesados en aguas	20
2.3. Procedimiento experimental	34
3. Resultados y Discusión	39
3.1. Experimentos pH neutro	40
3.2. Experimentos a diferentes pH	45
3.3. Experimentos con mezcla de metales	47
4. Instalación	51
4.1. Etapas de una planta de tratamiento de agua	51
4.1.1. Pretratamiento	52
4.1.2. Etapa primaria	52
4.1.3. Etapa secundaria	53
4.1.4. Etapa terciaria	53
4.2. Presupuesto	54
4.2.1. Inversión inicial	54
4.2.2. Costes de operación	57
4.2.3. Ingresos por ventas y Retorno de beneficio	60

Ingresos por ventas	60
Retorno de beneficio	60
5. Conclusiones y líneas futuras	63
5.1. Conclusiones	63
5.2. Líneas futuras	66
Anexos	72
A. Tablas con los resultados de las muestras analizadas	75
A.1. Resultados a pH neutro	75
A.2. Resultados a pH ácido y básico	77
A.3. Resultados con mezcla de metales	78
B. Hojas de seguridad	79
C. Planos	133

Índice de figuras

1.1. Contaminación en los ríos causado por la actividad minera.	4
1.2. Contaminación del río Odiel, Huelva, España.	5
1.3. Localización MATSA.	6
1.4. Yacimiento de Aguas Teñidas.	8
1.5. Mina Sotiel.	8
1.6. Entrada mina Magdalena.	8
1.7. Tabla periódica de los elementos.	9
2.1. Técnica de Electroforesis para el polímero HRGD6.	23
2.2. Espectrometría de masas, MALDI-TOF, del polímero HRGD6.	23
2.3. Análisis de Aminoácidos del polímero HRGD6.	24
2.4. Técnica DSC, Calorimetría de barrido diferencial, para el polímero HRGD6.	24
2.5. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier del polímero HRGD6.	25
2.6. Resonancia magnética nuclear de protones, H-NMR, del polímero HRGD6.	26
2.7. Técnica de Electroforesis para el polímero VOKx72.	27
2.8. Espectrometría de masas, MALDI-TOF, para el polímero VOKx72.	27
2.9. Análisis de Aminoácidos del polímero VOKx72.	28
2.10. Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier del polímero VOKx72	28
2.11. Resonancia magnética nuclear de protones, H-NMR, del polímero VOKx72	29
2.12. Isotermas de adsorción.	32
2.13. Equipo de Espectroscopía de Absorción Atómica ICP-MS con un sistema de Reacción Octopolar HP 7500c de Agilent.	37

2.14. Equipo de Análisis de mercurio, modelo FIMS FIAS 400 de Perkin Elmer.	37
2.15. Equipo de Análisis de mercurio, modelo DMA-80 de Milestone.	38
3.1. Comparación entre los dos polímeros de la capacidad de bioadsorción . .	42
3.2. Modelo complejos con histidina	43
3.3. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal plomo con $q_{max}=3,79 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,324 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 755$	43
3.4. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal plomo con $q_{max}=1,21 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 0,15$ y $k_f = 6,56$	43
3.5. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal cobre con $q_{max}=2,22 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 5,85 \cdot 10^{-2}$ y $k_f = 17$	44
3.6. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal cobre con $q_{max}=8,90 \cdot 10^{-4}$, $k_d = 1,10$ y $k_f = 0,90$	44
3.7. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal hierro con $q_{max}=3,99 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,39 \cdot 10^{-5}$ y $k_f = 11913$	44
3.8. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal hierro con $q_{max}=3,72 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,56 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 637,26$	44
3.9. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal zinc con $q_{max}=7,30 \cdot 10^{-4}$, $k_d = 0,51$ y $k_f = 1,96$	44
3.10. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal zinc con $q_{max}=1,83 \cdot 10^{-5}$, $k_d = 0,12$ y $k_f = 8,55$	44
3.11. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal mercurio con $q_{max}=4,09 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,19 \cdot 10^{-6}$ y $k_f = 122070$	45
3.12. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal mercurio con $q_{max}=3,99 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,75 \cdot 10^{-4}$ y $k_f = 5689$	45
3.13. Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal cadmio con $q_{max}=2,48 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 4,04 \cdot 10^{-2}$ y $k_f = 24,75$	45
3.14. Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal cadmio con $q_{max}=3,26 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,91 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 112$	45
3.15. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Plomo.	46

3.16. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Cobre.	46
3.17. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Mercurio.	46
3.18. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Cadmio.	46
3.19. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Zinc.	47
3.20. Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Hierro.	47
3.21. Comparación entre los resultados de los experimentos con cada metal y con los experimentos con mezcla de metales con el polímero HRGD6. . .	48
3.22. Comparación entre los resultados de los experimentos con cada metal y con los experimentos con mezcla de metales con el polímero VOKx72. . .	49
4.1. Esquema de una EDAR.	51

Índice de tablas

1.1. Toneladas de mineral cobrizo y polimetálico extraído.	9
1.2. Cantidades de los concentrados que se distribuyen en toneladas.	9
1.3. Valores máximo permitidos de metales pesados en aguas.	14
2.1. Ventajas y Desventajas Bioadsorción.	31
2.2. Concentraciones iniciales de los disoluciones de los metales.	34
3.1. Resultados a pH neutro con 20 mg/mL de HRGD6.	40
3.2. Resultados a pH neutro con 50 mg/mL de HRGD6.	40
3.3. Resultados a pH neutro con 20 mg/mL de VOKx72.	41
3.4. Resultados a pH neutro con 50 mg/mL de VOKx72.	41
3.5. Resultados a pH neutro añadiendo de nuevo polímero.	41
3.6. Resultados con mezcla de metales a pH neutro con 20 mg/mL de HRGD6.	48
3.7. Resultados con mezcla de metales a pH neutro con 20 mg/mL de VOKx72.	49
4.1. Coste del Polímero	56
4.2. Inversión Total	57
4.3. Costes de mano obra directa	58
4.4. Coste de los servicios	58
4.5. Resumen costes de fabricación.	59
4.6. Costes de operación.	60
A.1. Tabla con los resultados de las muestras con el polímero HRGD6	75
A.2. Tabla con los resultados de las muestras con el polímero VOK	76

A.3. Tabla con los resultados de las muestras del polímero HRGD6 a un pH básico y ácido con una concentración del polímero de 20 mg/mL	77
A.4. Tabla con los resultados de las muestras del polímero VOK a un pH básico y ácido con una concentración del polímero de 20 mg/mL	77
A.5. Tabla con los resultados de las muestras de mezcla de metales con el polímero HRGD6 a un pH neutro con una concentración del polímero de 20 mg/mL	78
A.6. Tabla con los resultados de las muestras de mezcla de metales con el polímero VOK a un pH neutro con una concentración del polímero de 20 mg/mL	78

Capítulo 1

Introducción

El presente trabajo desarrolla la problemática sobre la contaminación del agua, especialmente debido a la actividad minera y sobre cuáles serían los métodos para solucionar este problema, ya que el agua es un elemento fundamental en la naturaleza, imprescindible para el mantenimiento y el desarrollo de la vida en el planeta. El uso de este recurso natural no sólo se limita a las actividades diarias realizadas por las personas; también es un recurso fundamental en la nutrición del ser humano, además de ser necesario para el desarrollo de actividades de ámbito económico, industrial y agrícola. La escasez del agua y su contaminación plantean un serio problema para la calidad de vida humana y para el desarrollo de las actividades llevadas por el hombre ya que perjudica de buena calidad tanto al medio terrestre como al medio acuático, además de a la flora y a la fauna [1]. Para analizar esta problemática es necesario mencionar que la contaminación del agua puede ser debida a fuentes naturales o contaminación antropogénica, más común y peligrosas para la salud las fuentes antropogénicas, las cuales son debidas a la actividad del hombre y que posteriormente se hablará con mas detalle de ellas.

La metodología que se llevará a cabo se ha realizado en el laboratorio BIOFORGE en el edificio Lucía, se ha empleado el método de bioadsorción en el cual se utilizarán dos polímeros como adsorbentes, el HRGD6 y el VOKx72 y como problema se prepararán las disoluciones de los metales correspondientes a los productos finales de la empresa minera MATSA (Zn, Cu y Pb), además se ampliará el estudio con Hg, Fe y Cd debido a que corresponden a metales importantes provenientes de la actividad minera y muy perjudiciales para la salud si se encuentran en altas concentraciones en el agua.

A continuación, se mostrarán los objetivos y la estructura del trabajo, y posteriormente se comenzará hablando de la contaminación antropogénica.

1.1. Objetivos

En este estudio el objetivo principal es la eliminación de los metales anteriormente dichos en agua mediante la utilización del HRGD6 y VOKx72 como elementos adsorbentes, la elección de estos polímeros es a consecuencia de que contienen aminoácidos, histidina (his) y lisina (lys),[2], los cuales interaccionan muy bien con los metales y pueden formar complejos, con el fin de eliminar la mayor concentración de metal en el agua. Dentro del objetivo principal, además, se desarrollarán algunos objetivos específicos como:

- Interacción de los diferentes metales con los polímeros que se trabaja.
- Grado de eliminación del metal en agua dependiendo del polímeros que se use.
- Influencia del pH en la eliminación del metal.
- Influencia de la concentración de polímero para mejorar la eliminación del metal.
- Comprobar si influye tener en una disolución varios metales para la eliminación de ellos, comparándolo con el grado de eliminación cuando se realizan individual.
- Comparación con otras técnicas de eliminación de metales pesados realizadas en otras investigaciones.

1.2. Estructura del trabajo

Capítulo 1. Introducción. Se hablará de la importancia que tiene el agua, de los tipos de contaminación que existen explicando más detalladamente la contaminación antropogénica en concordancia a eso se hablará de la contaminación por causas de la actividad minera en concretamente de la empresa minera MATSA situada en Huelva, se explicará lo que es un metal pesado y con ello las causas de su aparición así como sus efectos para la salud humana y medio ambiente de los metales pesados Fe, Cu, Zn, Cd, Hg y Pb. Se hace hincapié sobre el marco legislativo asociado a las emisiones de metales pesados y sus valores límite de concentración en aguas potables y por último, se hablará de las alternativas que existen para poder eliminar esos metales pesados en agua.

Capítulo 2. Materiales y métodos. Se nombrarán los materiales, equipos y instrumentos utilizados para llevar a cabo este trabajo, se explicará con detalle el método utilizado así como el procedimiento experimental llevado a cabo.

Capítulo 3. Resultados y discusiones. Exposición de los resultados obtenidos, y

cálculos y gráficos realizados para poder obtener las capacidades de adsorción, comparación de un polímero con el otro siguiendo el modelo de Langmuir. Se podrá discutir los objetivos específicos y poder sacar conclusiones para el siguiente capítulo.

Capítulo 4. Conclusiones y líneas futuras. Extracción de las conclusiones más relevantes a partir de los resultados obtenidos y de las líneas futuras posibles para mejorar el presente proyecto.

Capítulo 5. Presupuesto. Realización de un presupuesto de la posible planta de tratamiento del agua con el método seguido en este estudio, calculando la cantidad de polímero necesario para poder tratar las toneladas de material procesado en la empresa MATSA con el volumen de agua residual de la planta de tratamiento con una duración de vida de 20 años, investigando el coste de la eliminación de residuos en una planta de tratamiento de agua residual real con el fin de poder calcular el tiempo de recuperación de la inversión realizada en nuestra instalación.

1.3. Contaminación Antropogénica

Se habla de contaminación antropogénica aquella debida a las actividades que realiza los seres humanos en su día a día y que pueden perjudicar gravemente a la calidad del agua de los ríos, lagos y mares. Este tipo de contaminación se puede dividir en cuatro focos principales.

- Industria

Dependiendo del tipo de industria a la que nos queremos referir serán diferentes los residuos, por ejemplo: [3]

- Construcción: Sólidos en suspensión, metales, pH.
- Minería: Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
- Energía: Calor, hidrocarburos y productos químicos.
- Siderurgia: Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
- Naval: Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
- Automoción: Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.

- Vertidos urbanos

Se refieren a los vertidos domésticos, los cuales son sobre todo de tipo de residuos orgánicos.

- Navegación

Produce diferentes tipo de contaminación, sobre todo, de tipo de hidrocarburos, además, los vertidos al mar provocan importantes daños ecológicos.

- Agricultura y ganadería

Las actividades agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes, abonos, y restos de orgánicos de animales y plantas que contaminan el agua.

En este trabajo nos centraremos es el estudio de la contaminación del agua producida por metales pesados provenientes de la industria de la minería.

1.4. Contaminación por la actividad minera

La minería supone un impacto importante para el medio ambiente, puede provocar la voladura de montañas y la contaminación en el agua de los ríos, mares, océanos.



Figura 1.1: Contaminación en los ríos causado por la actividad minera.

Esta actividad sobre las fuentes de agua causan un gran peligro, ya que con el tiempo se va contaminando el agua por lo que puede ser muy peligroso ya que mucha gente podría ingerir de esta agua y sufrir gran daño, a parte del deterioro y contaminación que supone para el medio ambiente [4]. Puede afectar a las aguas superficiales, a partir de los residuos sólidos finos provenientes del área de explotación pueden provocar un aumento de la capa de sedimentos en los ríos de la zona. Esta contaminación puede ser debida a la mala construcción o mal mantenimiento de diques y lagunas de oxidación, también pueden afectar a las aguas subterráneas, son aguas contaminadas con aceites usados, reactivos sales minerales de pilas, aguas de lluvia contaminadas con contenidos provenientes de contenedores de residuos.

El impacto que supone este tipo de actividad en el medio natural puede ser de los siguientes tipos [5]:

- Alteraciones en la dinámica fluvial

Sufre variaciones del perfil y trazado de la corriente fluvial, variaciones en la base local, alteraciones en la dinámica. Se aumenta la peligrosidad por sufrir inundaciones, a parte de que se incorpora partículas sólidas en la corriente, se aumenta la carga de fondo y en suspensión.

- Alteraciones en el régimen hidrogeológico

Variaciones en el régimen de recarga y modificaciones en el flujo subterráneo por efecto barrera, drenajes inducidos, infiltración restringida, modificación del relieve, deforestación.

- Contaminación por metales pesados o metaloides

Se puede producir de nuevo la incorporación de los metales a la fase sólida mediante adsorción y/o coprecipitación.

- Variaciones de pH por el drenaje ácido de mina

Se puede producir por la hidrólisis y la oxidación de sulfuros. Se pueden llegar a pH muy ácidos, cargadas de aniones en las que generalmente son solubles los metales pesados. El drenaje ácido de mina es el principal problema ambiental provocado por la actividad minera.

Como ejemplo, un suceso importante y famoso de contaminación de un río a causa de la actividad minera es la contaminación del río Odiel en Huelva [6].



Figura 1.2: Contaminación del río Odiel, Huelva, España.

Este acontecimiento ocurrió en mayo del 2017, cuando se produjo una explosión de la mina de la Zarza y donde un cuarto de millón de metros cúbicos agua ácida salieron disparadas, y gran parte llegó al río Odiel, sus aguas y las de algunos de sus afluentes como el Meca y el Oranque fueron contaminadas, 427 de los 1149 km de la cuenca están contaminadas, provocando el principal problema que supone la minería en las aguas, el drenaje ácido de mina (AMD).

A continuación, se hablará de la empresa minera MATSA, escogida para el estudio de este trabajo debido a que es empresa que actualmente está en activo, es una empresa minera de metales pesados (Cu, Pb y Zn), además, MATSA se preocupa por el medio ambiente y dispone de una planta de tratamiento de agua en la cual se podría implantar este estudio.

1.4.1. MATSA

MATSA es la un empresa española que se halla al norte de la Faja Pirítica, en Almonaste La Real, provincia de Huelva, Andalucía [7].

Es una empresa moderna y sostenible que genera valor y bienestar a partir de los recursos minerales, titular de los derechos de explotación de la mina de Aguas Teñidas y mina Magdalena en el municipio de Almonaster la Real y de la mina Sotiel en el municipio de Calañas.

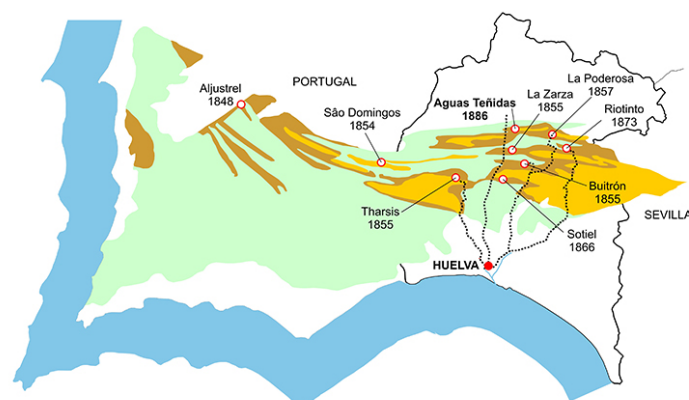


Figura 1.3: Localización MATSA. [7]

La actividad de MATSA consiste en la investigación y explotación de yacimientos minerales y su tratamiento en la planta de procesamiento que la empresa tiene en Almonaster la Real. En la actualidad este planta consta de una capacidad para procesar

entre 4,3 y 4,6 millones de toneladas al año y es la única que está en activo en la provincia de Huelva.

Responsabilidad

MATSA es una empresa que tiene un departamento de medio ambiente el cual se encarga del control y seguimiento de los aspectos ambientales de la actividad garantizando el cumplimiento de la normativa aplicable.

- Tecnologías no contaminantes

MATSA experimenta y apuesta por tecnologías no contaminantes, una de las novedades es el relleno con pasta de las cámaras de la mina, esta pasta producida con el material estéril sobrante de los procesos de tratamiento del mineral minimiza el impacto ambiental.

- Planta de tratamiento de agua

Incluye tres plantas de tratamiento del agua, balsas de regulación y manejo de aguas. Tiene una capacidad de 400 m^3/h . Permite obtener distintas calidades de agua.

Centros operativos

La principal mina es la de Aguas Teñidas pero en 2015 se produce la reapertura de la mina Sotiel, la cual estaba cerrada desde finales de los años 90 debida a la bajada de precios de los metales, y dos años antes, en el 2013 MATSA descubre la mina Magdalena. Gracias a la cercanía y a la concordancia de estas explotaciones mineras se puede garantizar el suministro de mineral a la planta de tratamiento ubicada en Aguas Teñidas.

- Mina Aguas Teñidas:

El yacimiento de Aguas Teñidas es de carácter volcánico, los minerales que se extraen son de dos tipos: cobrizo y polimetálico.

Los productos finales que se obtienen son concentrados en cobre, plomo y zinc. Está provista de una planta de tratamiento de agua, la cual depura el agua que proviene del interior de la mina.

- Mina Sotiel:

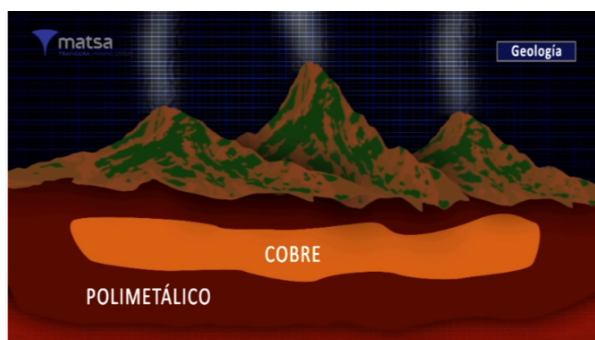


Figura 1.4: Yacimiento de Aguas Teñidas. [7]

Yacimiento de sulfuros masivos polimetálicos (cobre, zinc, plata y plomo) ubicada en el término municipal de Calañas, Huelva. A tan solo 35 km de MATSA, esta cercanía favorece que el mineral de la mina sea procesado en la planta de tratamiento de mineral de MATSA posee en sus instalaciones en Almonaster la Real.

- Mina Magdalena:

Como se ha dicho, descubierta por MATSA en 2013 en el término municipal de Almonaster la Real, a tan solo 7 km de MATSA. Es un yacimiento de sulfuros masivos, gracias a la cercanía y a la extraordinaria calidad de este yacimiento hace que este descubrimiento sea de gran importancia para el futuro de MATSA.



Figura 1.5: Mina Sotiel. [8]



Figura 1.6: Entrada mina Magdalena. [9]

Proceso Productivo

El producto final: concentrados de cobre, zinc y plomo se distribuyen a través de los puertos de Huelva y Algeciras. MATSA comercializa con Europa, Sudamérica, Oriente Medio y países como China. A continuación, se mostrarán una tablas con algunos de datos interesantes de la empresa MATSA del año 2017:

Extracción mineral cobrizo (tn)	Extracción mineral polimetálico (tn)
2.159.630	2.382.672

Tabla 1.1: Toneladas de mineral cobrizo y polimetálico extraído. [7]

Cantidades de los concentrados que se distribuyen en toneladas		
Cobre	Plomo	Zinc
371,47	12,32	148,35

Tabla 1.2: Cantidades de los concentrados que se distribuyen en toneladas. [7]

1.4.2. Metales pesados

Los metales pesados son sustancias propias de la naturaleza, de peso molecular alto, alta densidad, muy definidos y en muchas ocasiones muy útiles, como por ejemplo, el plomo se utiliza para la fabricación de baterías, el cobre se ha utilizado para acuñar monedas, el zinc se usa como recubrimiento de acero galvanizado [10], corresponden al bloque de los elementos de transición de la tabla periódica.

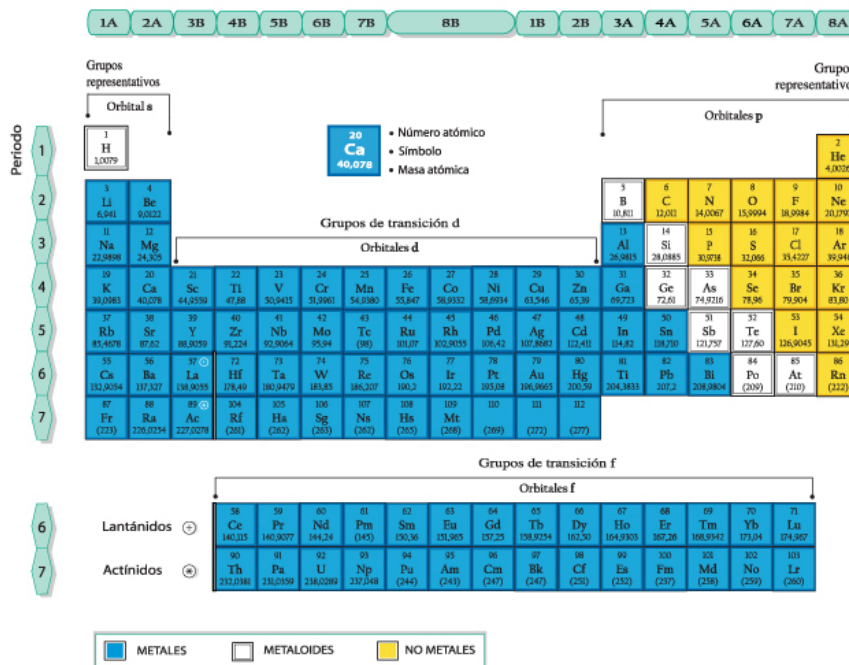


Figura 1.7: Tabla periódica de los elementos. [11]

Son elementos que producen mucha contaminación a nivel de medio ambiente y que pueden perjudicar gravemente a la salud en caso de ingesta de agua con alto grado de concentración de estos. Los metales pesados que se van a estudiar en este trabajo son los que corresponden a los productos finales de la empresa MATSA, es decir, cobre (Cu), Zinc (Zn) y plomo (Pb), ver como afectan a la salud de los seres vivos y la contaminación que supone al medio ambiente, además se ampliará el estudio con cadmio (Cd), mercurio (Hg) y hierro (Fe) a causa de que son metales pesados que pueden contaminar el agua a causa de la actividad minera, a parte de que forman parte de los yacimientos polimetálicos y sulfuros masivo.

A continuación, se describirá cada metal pesado, sus efectos para la salud humana y la contaminación que supone para el medio ambiente, además se mostrarán en *ANEXO B* las hojas de seguridad de todos los metales con los que se ha tratado.

Cadmio

El cadmio no se encuentra en la naturaleza como un metal puro, si no en forma de óxidos de complejos, sulfuros y carbonatos de zinc, plomo y menas de cobre. Los efectos tóxicos del cadmio se ven reflejados en los huesos y riñones. Este metal se incorpora al medio ambiente a través de fuentes tanto naturales como antropogénicas como pueden ser mediante la incineración, industria de fundición de metales, industria de galvanizado y plateado, minería de zinc, cobre, plomo y otros metales. Podremos encontrar cadmio en las comidas y los cigarrillos, además de en el agua debido a las cañerías, o por agua que se ha sido contaminada por fábricas que tiran sus desechos al río.

La inhalación de altas cantidades de cadmio puede provocar fiebre, alteraciones digestivas, dolor torácico, disnea, edema agudo de pulmón, hepatitis, anemia... Mientras que mediante la ingestión de cadmio los efectos que produce son nauseas, vómitos, dolores abdominales y cefalea. Estos síntomas se obtiene por haber bebido agua o comido alimentos con concentraciones de cadmio de alrededor de 15 ppm [12].

Cobre

Este metal tiene un importante interés con respecto a la calidad del agua debido a que tiene un carácter doble, por un lado es un metal importante para el ser humano por la incorporación a un gran número de proteínas con fines catalíticos y estructurales, y por otro lado, tanto si es por exceso o si es por falta de dicho metal puede crear efectos perjudiciales para la salud. Es un metal muy usado ya que tiene unas propiedades envidiables como son: durabilidad, ductibilidad, maleabilidad y conductividad eléctrica y

térmica. La presencia de cobre en aguas de consumo humano puede ser de tipo natural o antropológico, de tipo antropológico es causado por el efecto de lixiviación/corrosión a causa de las características físico-químicas de la matriz del agua que entra en contacto con los materiales que contienen cobre, como por ejemplo cañerías o griferías. La presencia de exceso de cobre puede causar problemas de olor, sabor y provocar manchas en los artefactos sanitarios y en la ropa durante el lavado, también el exceso de cobre afecta a la salud de las personas provocando trastornos gastrointestinales (náuseas, vómitos, diarrea)[13].

Hierro

El hierro es el cuarto elemento más abundante de la corteza terrestre, es un metal maleable, buen conductor, tenaz, de color gris plateado y magnético. Este metal es usado principalmente para la obtención de aceros estructurales. Otros usos son la fabricación de imanes, tintes y abrasivos. Puede ser hallado en carne, productos integrales, patatas y vegetales. Un exceso puede provocar conjuntivitis, coriorretinitis y retinitis si se contacta con los tejidos y permanece en ellos. Si se produce una inhalación crónica de concentraciones excesivas de vapores de hierro puede desarrollar una neumoconiosis benigna, sideriosis, además, que la inhalación de excesivas concentraciones de hierro puede desarrollar cáncer de pulmón [14].

Mercurio

El mercurio es un metal pesado, plateado, ubicuo y líquido a temperatura ambiente. La contaminación por mercurio es un problema grave para la salud humana y para el medio ambiente. Es considerado como un elemento tóxico que provoca efectos adversos en la salud humana, como por ejemplo: reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, dolor de cabeza, daños al sistema nervioso central, efectos negativos al aparato reproductor, daños en el esperma... [15]. Las fuentes de liberación de mercurio pueden ser naturales y antropogénicas. Como naturales puede liberarse mercurio debido a la actividad volcánica o la erosión de las rocas. Debidas a actividades producidas por el hombre, o fuentes antropogénicas, en materias primas como combustibles fósiles, también producen liberaciones de mercurio las industrias cloroalcalinas de fabricación del papel; instrumento médico como termómetros, bujías, almagamas dentales; termostatos, lámparas fluorescentes, faros de automóviles, pinturas... [16].

Plomo

El plomo es un metal pesado de color azulado, es flexible, inelástico, se funde con facilidad, es un elemento anfótero. Los compuestos de plomo son tóxicos y han producido muchos envenenamientos a trabajadores por su uso inadecuado, actualmente el mayor peligro proviene de la inhalación de vapor o de polvo. Muy pocas veces se encuentra el plomo en su estado elemental, suele encontrarse formando parte de algún mineral como la galeana, el sulfuro, carbonato, cerusita. Se usa el plomo en gran medida para la fabricación de acumuladores, otras aplicaciones son forros para cables, pigmentos, elementos de construcción, soldadura suave, etc [17].

El plomo es uno de los metales que tiene un mayor efecto dañino para la salud humana. Algunos de los efectos no deseados que puede causar el plomo son:

- Incremento de la presión sanguínea
- Daño a los riñones
- Abortos
- Perturbación del sistema nervioso
- Disminución de la fertilidad del hombres a través del daño en el esperma

Zinc

Es un metal maleable, dúctil, es un buen conductor del calor y de la electricidad y de color gris. Es uno de los elementos menos comunes de la corteza terrestre ocupando solo un 0,02%. El uso más importante del zinc es en las aleaciones y en el recubrimiento protector de otros metales. Este metal aparece de forma natural en el aire, agua y suelo; y de forma antropogénica mediante actividades industriales, como la minería, la combustión del carbón y residuos y el procesado del acero. El agua es contaminada por este metal proveniente de plantas industriales provocando el aumento de la acidez del agua. A través de la ingesta del agua de los ríos, tanto los animales como las plantas pueden sufrir daños a su salud.

El zinc es un elemento que se encuentra en concentraciones de trazas importante para la salud humana, cuando la gente absorbe poco zinc estos pueden sentir pérdida del apetito, disminución de la sensibilidad, pequeñas llagas y erupciones cutáneas. Como todos los otros metales, grandes cantidades de zinc pueden causar problemas de salud como úlcera de estómago, irritación de la piel, vómitos, náuseas y anemia [18].

1.5. Marco legislativo asociado a las emisiones de metales pesados de uso industrial

La contaminación de las aguas es un problema medioambiental que tradicionalmente ha generado gran preocupación entre los gobiernos de los países y especialmente en el ámbito europeo. Por ello, existe una gran cantidad de normativa existente al respecto, que a su vez ha sufrido numerosas modificaciones para conseguir una mayor protección de la calidad de las aguas.

Especialmente en la última década, desde la Unión Europea se está impulsando una política común en materia de gestión del agua que culminó con la aprobación en el año 2000 de la Directiva 2000/60/CE [19], por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de política de aguas, conocida comúnmente como Directiva Marco del Agua. Esta directiva se traspuso al ordenamiento jurídico estatal mediante el artículo 129 de la Ley 62/2003 [20] de medidas fiscales administrativas y del orden social.

La principal novedad en relación con los vertidos de contaminantes peligrosos fue la creación de una Lista de Sustancias Contaminantes Prioritarias, aprobada en la Decisión 2455/2001/CE [21], entre las que se encuentran algunos metales pesados tales como cadmio, plomo, mercurio y níquel y sus compuestos.

En lo referente a la protección de aguas subterráneas se aprobó en diciembre del 2006 Directiva 2006/118/CE relativa a la protección de aguas subterráneas contra la contaminación y deterioro, considerando que las aguas subterráneas son un recurso natural valioso que como tal debe ser protegido de la contaminación química y del deterioro [22].

En el mismo año, 2006, se aprueba la Directiva 2006/44/CE relativa a la calidad de las aguas continentales que requieren protección o mejora para ser aptas para la vida de los peces [23] y la Directiva 2006/11/CE relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la Comunidad, que establece normas de protección y de prevención de la contaminación provocada por el vertido de determinadas sustancias en el medio acuático [24].

En lo concerniente a la calidad del agua para consumo humano se aprobó la Directiva 98/83/CE en el año 1998 relativa a la calidad del agua para el consumo humano, el cual establece los parámetros y normas que debe tener el agua para el consumo humano [25].

Otra normativa importante se describe en el Real Decreto 817/2015, por el que se establecen los criterios de seguimientos y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental [26].

Con respecto a la actividad minera, la cual es la actividad industrial importante para el presente trabajo, existe la Directiva 2006/21/CE relativa a la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE [27] y el Real Decreto 975/2009 sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras [27].

1.5.1. Valores límite de concentración de metales pesados en aguas potables y residuales

La existencia de metales pesados en agua es motivo de intranquilidad, principalmente por sus efectos tóxicos y su bioacumulación en la cadena trófica. Algunos metales son importantes para la vida como son: los alcalinos (Na y K), alcalinotérreos (Ca y Mg) y metales de transición, también llamados metales pesados (Fe, Mn, Co, Cu y Zn), el resto de metales pesados Hg, Cd, Cr, Ni, etc. son metales no importantes y tienen efectos tóxicos sobre el organismo, inclusive, algunos metales esenciales cuando rebasan las concentraciones requeridas por el organismo, pueden ser tóxicos.

Metal pesado	Valor máximo permitido (ppb)
Cadmio	<5
Cobre	100 - 1500
Hierro	50 - 200
Mercurio	<1
Plomo	<50
Zinc	100 - 2115

Tabla 1.3: Valores máximo permitidos de metales pesados en aguas. [1]

1.6. Alternativas para poder eliminar la concentración de metales en agua

La purificación del agua residual se puede realizar con multitud de tratamientos posibles, los cuales se clasifican según diferentes aspectos. Se clasifican en cuatro grandes grupos según la naturaleza del tratamiento [28]:

1.6.1. Físicos

Se fundamenta en provocar un cambio físico en las propiedades de los contaminantes. Buscan eliminar el contaminante como sólido o combinado con sólido y líquido. Los

tratamientos típicos son: Sedimentación, flotación, filtración, evaporación, adsorción, desorción-stripping y extracción. Dentro de este grupo, los tratamientos que se usan para eliminar iones metálicos en aguas residuales son:

- Extracción con disolventes

El tratamiento con disolventes para la eliminación de metales pesados consiste en la extracción del metal por contacto del agua contaminada con un disolvente orgánico, a continuación le sigue una separación de la fase orgánica del agua descontaminado. Una vez alcanzada la separación de fases, el disolvente orgánico cargado de metal pesado se pone en contacto con una corriente acuosa para recuperar el metal y permitir poder volver a utilizar el disolvente.

- Adsorción sobre carbon activado

A través de un sólido el objetivo es eliminar un contaminante de una solución, dicho contaminante se fija, física o químicamente, en la superficie del sólido. Como sólidos se emplean carbón activado, zeolitas, etc. Dentro de este tratamiento un tipo específico e importante para la eliminación de metales pesados en aguas es la Bioadsorción, la cual consiste en que ciertos tipos de materiales de origen natural almacenan y concentran en su superficie sustancias y compuestos de diversa naturaleza química presentes en disoluciones acuosas, este método se desarrollará con más detalle en el capítulo 2, para el caso específico de eliminación de metales pesados en aguas mediante Bioadsorción.

1.6.2. Químicos

Estos tratamientos en lo que consisten es en modificar las propiedades químicas de los contaminantes. Los métodos en este caso son: coagulación-floculación, precipitación química, oxidación/reducción química, reducción electrolítica, intercambio iónico, osmosis inversa. Dentro de este grupo, los tratamientos que se usan para eliminar iones metálicos en aguas residuales son:

- Precipitación química

Consiste en que contaminantes solubles cambien a su forma insoluble, o también que disminuya la solubilidad del contaminante en el líquido con el fin de separar de los iones metálicos de una disolución. Para ello, se adicionan aditivos diferentes como por ejemplo puede ser hidróxido sódico, carbonato sódico, etc.

- Oxidación / Reducción

Son procesos los cuales consisten en añadir un compuesto que actúa como agente oxidante o reductor, produciéndose una transformación como consecuencia de la transferencia electrónica entre el compuesto añadido y los compuestos presentes en el agua. Los aditivos usados en este tipo de tratamiento son ozono, cloro, peróxido de hidrógeno como oxidantes; como reductores se usa el sulfito sódico.

- Intercambio iónico

Este tratamiento los iones presentes en un material de intercambio son sustituidos por iones de una especie diferente que se encuentran en la disolución. Como sólidos de intercambio se utilizan resinas. El intercambio iónico puede eliminar metales en aguas de elevada concentración.

- Tratamientos electroquímicos

Estos tratamientos son reacciones de oxidación-reducción estimuladas por la acción de una energía eléctrica externa entre dos electrodos, ánodo y cátodo, que se encuentran sumergidos en una disolución.

- Ósmosis inversa

Son un tipo específico de procesos de membrana, los cuales consisten en una separación física de los solutos presentes en el agua residual al pasar a través de una membrana selectiva a cierto tipo de iones. La ósmosis inversa consiste en el desplazamiento del agua por medio de una membrana semipermeable que separa soluciones de distinta concentración. La membrana retiene los contaminantes disueltos en el agua. Para que se produzca la migración el agua se debe aplicar una presión hidrostática superior a la presión osmótica de la corriente alimentada, con lo que los compuestos son retenidos en la membrana y el agua pasa a través de ella hacia el lado de menor concentración.

1.6.3. Térmicos

Consisten en separar los contaminantes empleando altas temperaturas. La desventaja que tiene este tratamiento es la formación de compuestos intermedios no deseables. Los métodos más característicos de estos tratamiento son: Oxidación húmeda, oxidación supercrítica y la incineración.

1.6.4. Biológicos

Por último, los tratamientos biológicos son tratamientos que su objetivo es hacer un cambio químico en las características de los contaminantes mediante mecanismos biológicos y bioquímicos. Estos métodos se basan en el uso de ciertos compuestos orgánicos como alimentos con lo que se crean nuevos microorganismos, son: filtros bacterianos, lodos activos, lagunas aireadas, biodiscos y degradación anaerobia.

Capítulo 2

Materiales y Métodos

En este capítulo se mostrarán los materiales utilizados, ya sean utensilios del laboratorio, equipos, reactivos y productos utilizados como el software usado para escribir este trabajo, también se hablará del método usado para llevar a cabo la eliminación de los metales en agua y por último se explicará el procedimiento experimental llevado a cabo.

2.1. Materiales

2.1.1. Material

- Vasos de precipitados de 100 y 250 mL
- Matraz aforado de 5,10 y 100 mL
- Micropipetas de 2-20 μ L y 1-10 mL
- Balanza en mg METTLER TOLEDO
- Pinzas
- Varilla
- Agua MiliQ
- Falcon morado de 50 mL
- Eppendorf de 2 y 5 mL
- Jeringuillas de 10 mL

- Filtros de 0,2 μm
- Papel pH
- Disoluciones de metales Fe,Hg,Cu,Cd,Pb,Zn a 1000 ppm
- Polímero VOKx72
- Polímero HRGD6

2.1.2. Equipo

- Horno. J.P SELECTA
- Centrifuga Thermo Scientific. SORVALL ST 16R
- ICP-MS
- Analizador de mercurio

2.1.3. Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,01M

2.1.4. Software

- Texmaker
- Word
- Excel
- Visio

2.2. Métodos

2.2.1. Bioadsorción como método de eliminación de metales pesados en aguas

La bioadsorción es un método físico-químico cuyo objetivo es la eliminación de metales pesados en aguas residuales que provienen del sector industrial, ya sea de industrias,

minerías, agricultura, etc. usando como sorbente distintos materiales de origen biológico como por ejemplo: algas, hongos, bacterias, cáscaras de frutas, productos agrícolas y algunos tipos de biopolímeros. En el proceso de bioadsorción implica tener una fase sólida (sorbente) y una fase líquida (solvente) la cual contiene disueltos la sustancia de interés que será adsorbida, en nuestro caso serán los iones de los metales pesados. Para que este proceso se realice satisfactoriamente, debe haber una gran relación entre los grupos funcionales del sólido y el metal, debido a que el metal será atraído hacia el sólido y unido a él mediante diferentes mecanismos [28]. Los mecanismos implicados en la bioadsorción son el intercambio iónico, la adsorción y la microprecipitación.

- Intercambio iónico

El intercambio iónico se basa en cambio de iones presentes primeramente en la superficie del sólido por iones que se encuentran en la disolución, dicho intercambio está dirigido por una reacción química reversible y estequiométrica [29].



Siendo S el sólido (adsorbente), A los iones del metal que se desea eliminar y SA el complejo que se forma entre el metal y el adsorbente.

- Adsorción

La adsorción es la acumulación de moléculas de soluto en la superficie del sólido. Puede haber dos tipos de adsorción: la adsorción física o fisisorción y la adsorción química o quimisorción.

- Adsorción física o fisisorción

La especie adsorbida conserva su forma química original y se producen interacciones de tipo electrostáticas y fuerzas de Van Der Waals. En este tipo de adsorción la velocidad del proceso está controlada por las etapas de transferencia de materia.

- Adsorción química o quimisorción

En este tipo de adsorción, la especie adsorbida experimenta un cambio en su forma química debido a la interacción con el sólido. Se puede producir enlaces, con lo que la etapa de reacción puede ser lenta y ser por ello para etapa limitante y controlar el proceso.

- Microprecipitación

La microprecipitación consiste en la precipitación del metal sobre la superficie del sólido como consecuencia de un cambio en las condiciones locales como pueden ser los cambios de temperatura, pH. Se deben tener en cuenta los límites de solubilidad de los metales y del adsorbente, ya que si no, la microprecipitación daría una sobreestimación de la capacidad de bioadsorción del material.

En la bioadsorción la capacidad de eliminación dependen, a parte del tipo de metal y de adsorbente, de otros factores como: el pH, la temperatura, la presencia de otros metales en la disolución, el tiempo de calentamiento y el tiempo de centrifugado.

- Tipo de material bioadsorbente

Para la elección del tipo de material bioadsorbente se debe tener en cuenta la composición y reactividad química de la superficie de dicho material, la cual condiciona la capacidad de eliminación. Es importante conocer los grupos funcionales que contienen el bioadsorbente, ya que dependiendo de ellos se podrá conocer la cantidad de centros activos del material, su accesibilidad, su estado químico y de la afinidad que tiene con el metal. Casi siempre, la presencia de grupos funcionales con oxígeno favorece la bioadsorción de metales pesados, los cuales pueden ser diferentes, los más comunes son los grupos carboxílicos, fenólicos, fosfatos, sulfatos, amino, amida e hidroxilo [30], sin embargo, en nuestro caso, nuestros materiales bioadsorbentes son ricos en aminas.

En el presente trabajo, los materiales bioadsorbentes son polímeros, concretamente el HRGD6 y el VOKx72, a continuación se detallará cada uno, mencionando sus propiedades y aplicaciones [28]. Decir que a estos polímeros se les llama Elastin-like recombinamers (ERLs) son polímeros obtenidos mediante técnicas recombinantes, contienen un alto grado de funcionalidad [31].

- Polímero HRGD6

- Propiedades

- La masa atómica teórica del HRGD6 es de 60525 Da, este valor se corrobora mediante una electroforesis y posteriormente un espectro de masas mediante el método de Maldi-Tof, además se muestra un análisis de aminoácidos, con lo cual se comprueba los aminoácidos de los que está compuesto el polímero HRGD6.

- En la figura 2.1 se muestra el resultado de una electroforesis, la cual es una técnica que se utiliza para el estudio de proteínas y se basa en la migración

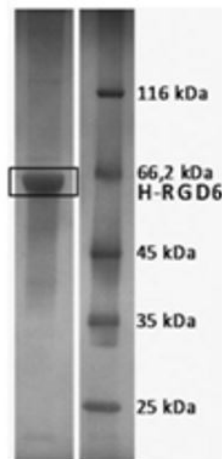


Figura 2.1: Técnica de Electroforesis para el polímero HRGD6.

diferencial de las moléculas a través de un medio soporte cuando son sometidas a un campo eléctrico [32].

Se observa que la masa atómica del polímero es algo menor que 66,2 kDa, para saber con exactitud cual es su masa atómica se realiza la técnica de Maldi-Tof, es un método de espectrometría de masas, es una técnica utilizada en la identificación de microorganismos mediante la creación de un espectro basado en el perfil de proteínas, es único para una especie dada [33], en la figura 2.2 se muestra el gráfico del resultado de esta técnica.

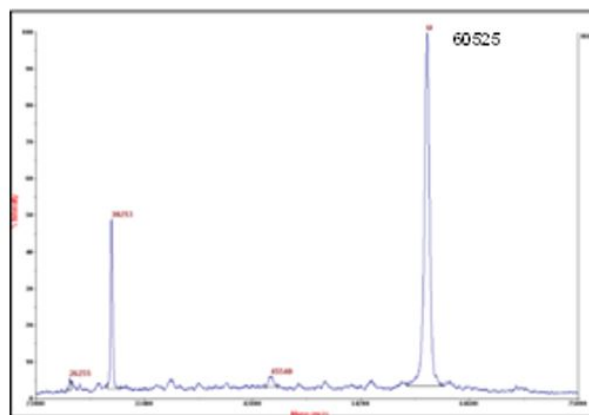


Figura 2.2: Espectrometría de masas, MALDI-TOF, del polímero HRGD6.

Como se ha dicho anteriormente, para conocer los aminoácidos de los que está compuesto el polímero, se realiza un análisis de aminoácidos, figura 2.3, el cual corrobora que estamos trabajando con el polímero HRGD6, ya que nos muestra la cantidad de moléculas experimentales de aminoácidos y las moléculas que contiene, se puede ver que no varían mucho los valores.

Aminoacid	Predicted	Experimental
asp	6	6.42
ser	24	18.23
glu	1	1.28
gly + his	255+7	274,43
arg	7	6.90
thr	6	5.51
ala	12	12.10
pro	128	124.95
val	128	122.63
met	2	n.d.
lys	24	22.79
ile	96	91.45
leu	3	3.37

Figura 2.3: Análisis de Aminoácidos del polímero HRGD6.

Otra propiedad importante de los polímeros es la entalpía de cambio de conformación, se obtiene al realizar un DSC, es una técnica de calorimetría de barrido diferencial, es utilizada para estudiar que ocurre cuando un polímero es calentado, en la figura 2.4 se mostrarán los resultados del polímero a diferentes condiciones de pH y con diferentes disolventes.

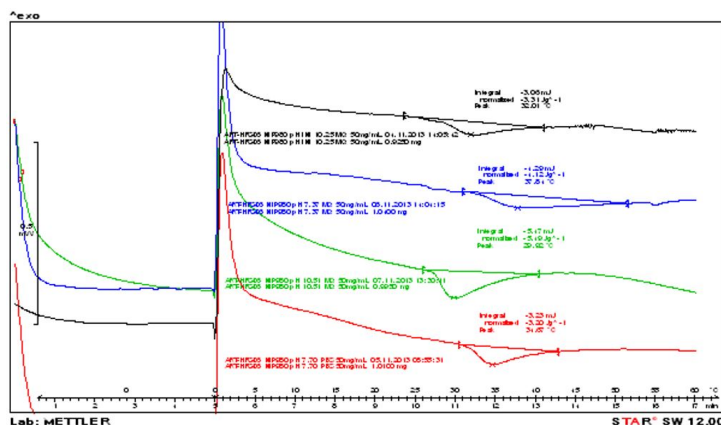


Figura 2.4: Técnica DSC, Calorimetría de barrido diferencial, para el polímero HRGD6.

Se pueden ver cuatro análisis con la misma concentración de 50 mg/mL; el primero, el resultado de la línea negra, con unas condiciones de pH 11 y con agua MQ como disolvente se obtiene una entalpía de cambio de conformación de -3,31 J/g y la temperatura de transición es de 32 °C, dicha temperatura es

la temperatura a la cual la densidad óptica alcanza la mitad de su máximo, se caracteriza en función de la concentración de biopolímero, la concentración de sal y el pH, se cálculo como la inversa de una función logarítmica de la concentración del biopolímero [34]. El segundo, el resultado de la línea azul, con unas condiciones de pH 7,50 y con agua MQ como disolvente se obtiene una entalpía de cambio de conformación de $-1,12$ J/g y la temperatura de transición es de $37,81$ °C; el tercero, el resultado de la línea verde, con unas condiciones de pH 10,50 y con agua MQ como disolvente se obtiene una entalpía de cambio de conformación de $-5,19$ J/g y la temperatura de transición es de 30 °C; el cuarto, el resultado de la línea roja, con unas condiciones de pH 7,70 y con PBS como disolvente se obtiene una entalpía de cambio de conformación de $-3,20$ J/g y la temperatura de transición es de $34,95$ °C.

Se puede decir que a mayor pH la temperatura de transición disminuye, y que con el mismo pH prácticamente pero con un disolvente el cual contiene sales, como el PBS, Phosphate buffered saline, la temperatura de transición también es menor.

La figura 2.5 muestra un gráfico, llamado interferograma, como resultado de una espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier, en la cual nos indica los grupos funcionales de los que está compuesto el polímero.

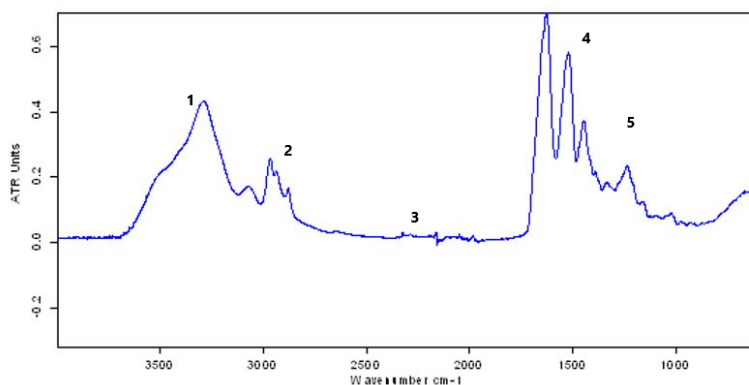


Figura 2.5: Espectroscopia infrarroja con transformada de Fourier del polímero HRGD6.

La región 1 es la zona de las aminas, se ha producido un pico, lo que quiere decir que en el polímero que contiene este grupo funcional; la región 2 es la banda de carbono con doble enlace con el oxígeno ($C=O$) se puede decir que si que contiene, el pico que se produce es menos pronunciado; en la región 3 es la zona de los aromáticos y como se puede comprobar el polímero HRGD6 no contiene grupos aromáticos en su estructura; la región 4 y 5 corresponden

a los enlaces CH y CH_2 respectivamente.

Por último, mediante una Resonancia Magnética Nuclear de Protones (H-NMR) la cual es una técnica analítica que proporciona mayor información estructural y estereoquímica, figura 2.6, se utiliza para analizar la estructura molecular de una sustancia orgánica a través del estudio de las propiedades magnéticas de algunos núcleos que contiene la sustancia [35].

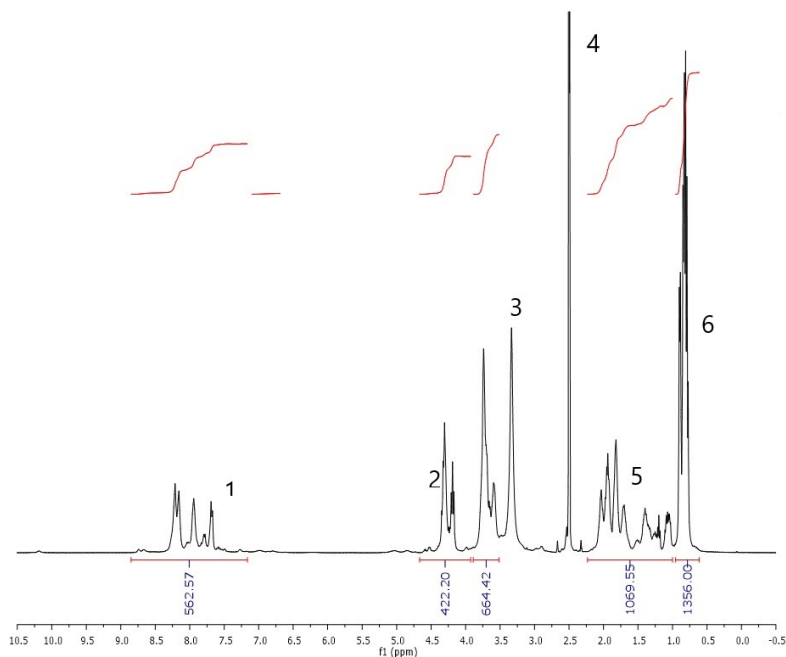


Figura 2.6: Resonancia magnética nuclear de protones, H-NMR, del polímero HRGD6.

El gráfico está dividido en 6 zonas, la zona 1 corresponde al grupo de las aminas el cual está entre un desplazamiento químico (ppm) de 7,2-8,7 y una intensidad de 562,57; en la zona dos se observa dos tipos diferentes de hidrógeno, el primero corresponde al grupo de enlace CH y el segundo al CH_2 con un desplazamiento químico de 4-4,7 ppm y 3,5-3,85 ppm respectivamente; la zona 3 corresponde al agua; la zona 4 corresponde al disolvente DMSO (dimetil-sulfóxido); la zona 6 corresponde al grupo de enlace CH_3 entre 0,3-1 ppm de desplazamiento químico.

• Polímero VOKx72

Propiedades

La masa atómica del VOK es de 32317 Da, para conocer este valor se procede de la misma forma que se ha realizado con el polímero HRGD6, una electroforesis

y un espectro de masas mediante el método de Maldi-Tof, un análisis de aminoácidos.



Figura 2.7: Técnica de Electroforesis para el polímero VOKx72.

A continuación, se muestra el gráfico del resultado de la técnica de Maldi-Tof y el análisis de aminoácidos del polímero VOKx72.

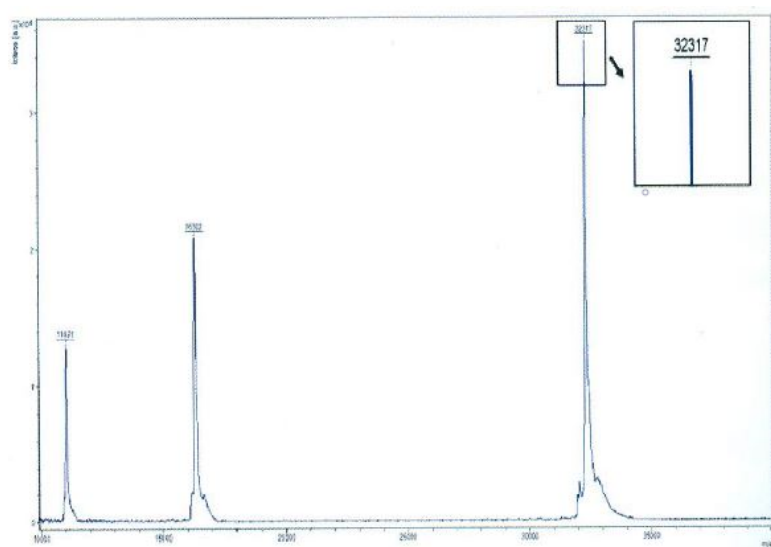


Figura 2.8: Espectrometría de masas, MALDI-TOF, para el polímero VOKx72.

Aminoacid	Predicted	Experimental
Glu	1	0.82
Ser	1	0.73
His	0	0
Gly	144	148.64
Val	73	74.68
Met	1	0.52
Ile	0	0
Leu	2	1.83
Lys	72	75.65
Pro	73	74.09

Figura 2.9: Análisis de Aminoácidos del polímero VOKx72.

Al igual que con el polímero HRGD6, el interferograma del VOKx72 es el siguiente.

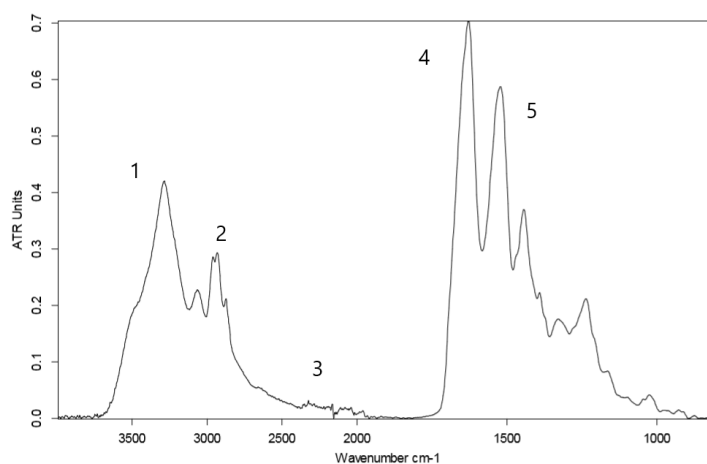


Figura 2.10: Espectroscopía infrarroja con transformada de Fourier del polímero VOKx72

El interferograma del VOKx72 es muy similar al del polímero HRGD6, figura 2.5, se puede decir que tienen los mismos grupos funcionales.

Por último, como en el polímero HRGD6, se muestra el resultado de una Resonancia Magnética Nuclear de Protones ($^1\text{H-NMR}$) en la figura 2.11.

- **Aplicaciones**

Los polímeros HRGD6 y VOKx72 tiene muchas aplicaciones médicas, algunas de ellas son:

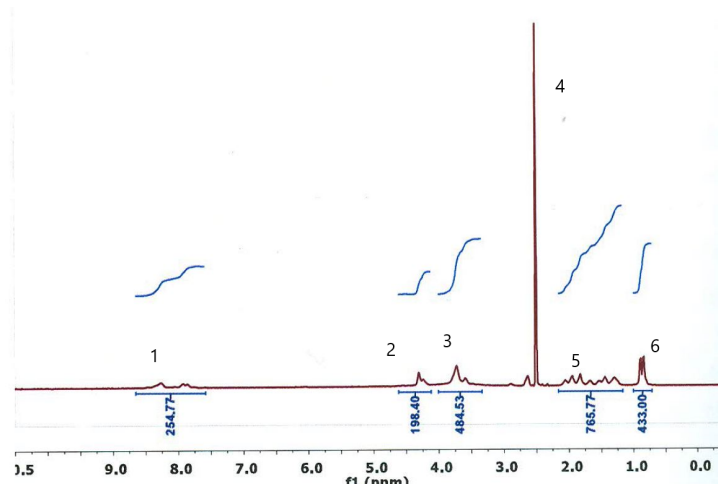


Figura 2.11: Resonancia magnética nuclear de protones, H-NMR, del polímero VOKx72

- Aplicaciones de fármacos para terapias anticancerosas, también para uso de enfermedades intraarticulares, oculares, o infecciosas, cáncer, diabetes [36].
 - Gracias a los ERLs se pueden tener aplicaciones de regeneración de tejidos cardiovasculares, para prótesis oculares, osteocondrales o incluso en la regeneración de nervios, diabetes y fertilización in vitro [37].
 - Implantes ortopédicos de cadera, rodilla, columna vertebral, maxilofacial y dental [38].
 - Con ERLs se pueden conseguir aplicaciones biomédicas, como la purificación de proteínas o como medicamentos y los sistemas de entrega de genes. Ingeniería de tejidos, biosensores y una amplia variedad de sistemas “inteligentes” [39].
 - El polímero VOKx72 sirve para combinarlo con el HRGD6 y poder hacer hidrogeles y estos tienen aplicaciones en ingeniería de tejidos, como las aplicaciones cardiovasculares, prótesis oculares y osteocondrales.
- Tipo de metal

Dependiendo del tipo de metal con el que se trabaje, el comportamiento del metal con el bioadsorbente es diferente, ya que influyen las propiedades físicas y químicas de estos.
 - pH

El pH es uno de los parámetros con mayor importancia en la bioadsorción de metales pesados. El valor del pH en la disolución define a especialización de la superficie del material, el grado de protonación de los grupos funcionales, la química en disolución

de los metales ,como puede ser la hidrólisis, la complejación por ligandos orgánicos e inorgánicos, reacciones redox, precipitación, que afectará a las posibilidades del metal para la bioadsorción. Para cada metal y el bioadsorbente el pH óptimo es diferente y específico.

- Temperatura

La temperatura influye en la velocidad de bioadsorción como en el grado en que la bioadsorción se produce. Aumentar demasiado la temperatura puede producir un cambio en la estructura del adsorbente y su deterioro, con lo que produce una disminución de la capacidad de retención.

En el presente trabajo, al trabajar con polímeros que cambian de conformación dependiendo de la temperatura, la temperatura será aquella donde cada polímero es insoluble en agua para poder apreciar a simple vista la formación del complejo con el metal.

- Presencia de otros metales en la disolución

La presencia de otros metales en la disolución puede afectar a la retención del metal de interés, y esto puede ser debido a la distintas afinidades entre las especies iónicas de la disolución y los centros activos del material.

- Tiempo de calentamiento

La reacción de bioadsorción de metales pesados generalmente se completa en un intervalo de tiempo pequeño, llegando al equilibrio en pocas horas.

- Tiempo de centrifugado

Dependiendo del tipo de adsorbente con el que se trabaje variará. Ya que por ejemplo, en nuestro caso con el polímero VOKx72 se usaron tiempos cortos de centrifugado debido a que éste polímero necesitan altas temperaturas para que sea insoluble con lo que no puede perderse esa temperatura.

Las ventajas y desventajas que presenta este método con respecto a otros para eliminar metales pesados en aguas se describirán en el siguiente cuadro representativo:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ■ Contiene una eficacia bastante alta, principalmente en situaciones donde la concentración del metal en el agua es baja. ■ Es probable la recuperación de los ERLs, pudiéndose volver a reutilizar en ciclos sucesivos de adsorción-desorción. ■ En comparación con la precipitación, esta tecnología no produce lodos químicos, y el único resto del proceso es el bioadsorbente agotado tras sucesivos ciclos de bioadsorción/regeneración. ■ Debido a que el empleo de materiales residuales los cuales no han sido tratados previamente, el impacto ambiental disminuye notablemente sobre todo frente a los adsorbentes tradicionales como son los carbones activados. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ La selección de los bioadsorbentes deberá hacerse atendiendo las disponibilidad y el reducido precio para poder alcanzar una aplicación buena de esta tecnología a nivel industrial. ■ Las técnicas convencionales son muy conocidas y se utilizan en muchos ámbitos por lo que dificulta sustituirlas por esta técnica. ■ Cuando en las aguas residuales hay más compuestos a parte de los metales y de los bioadsorbentes se puede producir cambios en las capacidades de retención, con lo que puede cambiar la eficacia del proceso.

Tabla 2.1: Ventajas y Desventajas Bioadsorción. [40]

La bioadsorción normalmente se puede modelar con dos tipos diferentes: modelo Langmuir, en el cual el aumento del consumo de metal por la biomasa alcanza un equilibrio; y el modelo Freundlich, en el cual el aumento del consumo del metal por la biomasa incrementa con el tiempo. En este trabajo se utilizó el modelo de Langmuir ya que con este tipo de modelo se puede conocer la capacidad de adsorción que tiene el bioadsorbente, el cual se explica a continuación.

- Modelo de Langmuir

El objetivo fundamental en los experimentos en discontinuo es conocer el equilibrio de adsorción. En tiempo de contacto entre el metal y el bioadsorbente debe ser aquel que asegure que se llega a la situación de equilibrio. Con este tipo de modelo se puede conocer la capacidad de adsorción que tiene el bioadsorbente mediante la siguiente fórmula [40]:

$$q_e = (C_i - C_e) \cdot \frac{V_d}{M_g} \quad (2.2)$$

donde:

- q_e : Capacidad de adsorción, mg/g
- C_i : Concentración inicial del metal, mg/dm^3
- C_e : Concentración final del metal, mg/dm^3
- V_d : Volumen de la disolución, dm^3
- M_g : Masa del bioadsorbente, g

La relación entre la cantidad de soluto adsorbida por unidad de masa de adsorbente y la concentración de soluto en el equilibrio se conoce con el nombre de isoterma de adsorción. Se puede distinguir 5 formas diferentes de las isotermas de adsorción:

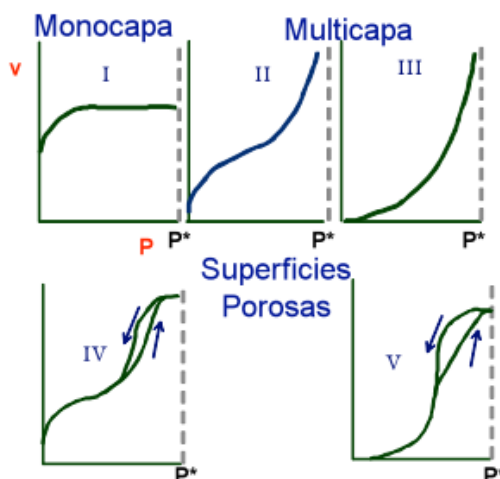


Figura 2.12: Isotermas de adsorción. [41]

Las curvas de tipo I se denominan isotermas favorables, ya que como se puede observar existe un gran incremento en la cantidad retenida a baja concentración al aumentar la concentración de adsorbente, a este tipo de isoterma se le denomina isoterma de Langmuir. Se denominan curvas desfavorables, a las curvas de tipo III, debido a que se necesita un gran aumento de la concentración para poder observar un incremento representativo de la cantidad retenida. Para las curvas II, IV y V tienen la característica de tener uno o más puntos de inflexión. Los tipos II es característico de un adsorción física en multicapa, y las curvas IV y V corresponde a adsorción en multicapas sobre materiales porosos, contienen un ciclo de histéresis debido a la condensación por la forma irregular de los capilares.

El modelo de Langmuir sigue las siguientes suposiciones:

1. El proceso de adsorción tiene lugar en una superficie homogénea
2. Cuando se alcanza la saturación se puede formar una monocapa de adsorbato
3. La energía de adsorción es constante
4. Las moléculas adsorbidas permanecen inmóviles

La ecuación que sigue el modelo de Langmuir es la siguiente:

$$q_e = \frac{q_{max} \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad (2.3)$$

donde:

- q_{max} : Capacidad máxima de retención de metal por unidad de masa de adsorbente, mg/g
- q_e : Capacidad de adsorción, mg/g
- C_e : Concentración final del metal, mg/dm^3
- b : Constante de Langmuir, dm^3/mg

tanto q_{max} como b se pueden obtener experimentalmente realizando la regresión lineal de C_e/q_e Vs C_e , siendo $1/q_{max}$ la pendiente de la recta y K_d/q_{max} la ordenada en el origen [42], siendo K_d la constante de formación del complejo.

$$K_d = \frac{k_1}{k_2} \quad (2.4)$$

La inversa de la constante de formación del complejo, K_f , se define como la constante de disociación del complejo.

$$K_f = \frac{1}{K_d} \quad (2.5)$$

Cuanto mayor sea K_f mayor es la estabilidad del complejo en agua.

Siendo k_1 la constante de velocidad de absorción y k_2 la constante de velocidad de desorción, expresado en una reacción de equilibrio de la siguiente forma: [29]



2.3. Procedimiento experimental

El procedimiento experimental se basa en cinco puntos:

1 Preparación disoluciones

Se preparará dos disoluciones, una será la de cada uno de los metales y otra será con el polímero con el que se trabaje.

- Disolución metal

Las concentraciones de partida con las que trabajaremos son las siguientes:

Metal	Concentración entrada (ppm)
Cadmio	1,648
Cobre	1,648
Hierro	1,648
Mercurio	1,648
Plomo	1,648
Zinc	0,144

Tabla 2.2: Concentraciones iniciales de los disoluciones de los metales. [43]

Estos datos son reales de un artículo que trata de tratamiento de efluentes de industrias metalúrgicas utilizando wetlands construidos, partimos de estos datos por la ausencia de datos en la industria MATSA de las concentraciones de metales de entrada en la planta de tratamiento de agua [43].

Se parte de disoluciones patrón proporcionadas del LTI de cada metal, a estas disoluciones las llamaremos disoluciones madre de cada metal, cuya concentración es de 1000 ppm se tendrá que diluir para obtener disoluciones con las concentraciones deseadas aplicando la siguiente ecuación [44]:

$$V_i \cdot C_i = V_f \cdot C_f \quad (2.7)$$

donde:

- V_i : Volumen inicial
- C_i : Concentración inicial
- V_f : Volumen final
- C_f : Concentración final

de esta forma se sabe cuanto volumen de disolución de 1000 ppm se debe coger y posteriormente se enrasa con agua MiliQ, para ello el material necesario será:

un vaso de precipitados de 50 mL, un matraz aforado de 100 mL, una pipeta de 5 mL.

■ Disolución polímero

La disolución de polímero se realizará de la siguiente forma: se partirá del polímero en estado sólido, se trabajará para todos los análisis con una concentración de polímero, tanto del HRGD6 como del VOKx72, de 20 mg/ml con lo que dependiendo en que volumen se trabaje se pesará en la balanza diferente cantidad de polímero. Se trabajará a esa concentración ya que se comprobó con análisis anteriores que con menos concentración no se producía precipitación, o si se producía no se podía apreciar a simple vista, con lo que se optó por aumentar la concentración.

Para preparar las disoluciones, primero se pesará la cantidad previamente calculada de polímero en la balanza utilizando para ello un vaso de precipitados y unas pinzas; seguido se disolverá con agua MiliQ con la ayuda de una varilla, a continuación, se verterá en el matraz aforado y se enrasará con agua MiliQ, se pone un tapón y se homogeneiza.

2 Mezcla disoluciones

El segundo punto a realizar es la mezcla de ambas disoluciones, para ello mediante una micropipeta de 10 mL en un falcon morado de añade en proporción 1:1 de ambas disoluciones,

Para los análisis que se han realizado en medio básico y medio ácido una vez que se tiene el falcon morado con la disolución se añadirán de poco en poco gotitas de hidróxido de sodio (NaOH) para subir el pH hasta 12,5, es decir medio básico, y ácido sulfúrico (H₂SO₄) para disminuir el pH hasta 3,5, es decir medio ácido.

Se utilizará un falcon morado porque son mas resistentes al calor, lo cual es importante para el siguiente punto.

3 Calentamiento de la disolución mezcla

Una vez que se tiene preparada la disolución mezcla en un falcon morado, se introducirán en un horno durante dos horas a una temperatura de 70°C para las muestras que contienen el polímero HRGD6 y una temperatura más alta para las muestras que contienen el VOKx72 sin llegar a 100°C para que el agua no se evapore.

Al sacar las muestras del horno, se observarán como la disolución está turbia debido a que los polímeros han llegado a su temperatura de transición vítrea.

4 Centrifugado

Una vez transcurridas las dos horas, se sacará con cuidado con ayuda de unos guantes térmicos para no quemarse y se llevarán las muestras a la centrífuga poniéndola a 13000 rpm, 40°C, 10 minutos.

Pasado el tiempo, se sacarán las muestras de la centrífuga y se podrá observar como se ha producido una microprecipitación y se ha quedado sobre las paredes del falcon, el sobrenadante que hay se vierte en un eppendorf habiendo sido previamente filtradas, con la ayuda de una jeringuilla y un filtro con un tamaño de poro de 0,45 μg .

5 Análisis químico

Una vez obtenidas las muestras en los eppendorf, el último paso es llevarlo a analizar para poder conocer la concentración de cada metal que queda en la disolución, y por lo tanto saber cuanto se ha podido eliminar con cada polímero, y con ello poder sacar conclusiones.

Las muestras han sido llevadas a analizar al Laboratorio de Técnicas Instrumentales (LTI) situado en el mismo Campus Miguel Delibes [45]. En este laboratorio se realizan muchos tipos de técnicas instrumentales: acústica, rayos X, espectroscopia, masas, análisis elemental, cromatografía, radiaciones ionizantes y bioquímica.

En este trabajo se han usado la espectroscopia atómica de plasma ICP-MS y el análisis de mercurio, dichas técnicas se encuentran dentro del análisis elemental.

■ Espectroscopía de Absorción Atómica ICP-MS

Esta técnica proporciona un análisis multielemental en una gran variedad de muestras. El equipo ICP-MS está formado por un lado por el plasma de acoplamiento inductivo (ICP), el cual es una fuente de ionización a presión atmosférica, y por otro lado está el espectrómetro de masas (MS) que trabaja a vacío. La muestra debe estar en disolución, es vaporizada e ionizada gracias a un plasma de Ar. Los iones una vez formados pasan a través del espectrómetro de masas donde se separan y son detectados gracias al analizador.

El equipo ICP-MS tiene un sistema de Reacción Octopolar HP 7500c de Agilent.



Figura 2.13: Equipo de Espectroscopía de Absorción Atómica ICP-MS con un sistema de Reacción Octopolar HP 7500c de Agilent.[46]

Los análisis que se realizan pueden detectar casi todos los elementos de la tabla periódica, las muestras pueden estar en estado líquido o sólido.

■ Análisis de Mercurio

Se analiza este elemento mediante Absorción Atómica de Vapor Frío y Sistema de Inyección de Flujo. Hay dos equipos para poder analizar el mercurio:

- *El modelo del equipo es FIMS FIAS 400 de Perkin Elmer*

Gracias a las ventajas que tienen la inyección de flujo y la detección por absorción atómica, este equipo contiene un sistema libre de interferencias, debido a que el mercurio es separado de la matriz por reducción química.



Figura 2.14: Equipo de Análisis de mercurio, modelo FIMS FIAS 400 de Perkin Elmer.[47]

La muestra, que debe estar en disolución, se combina con una corriente de cloruro de estaño (II) la cual reduce el mercurio que hay a mercurio elemental. El vapor de mercurio formado es arrastrado hasta la celda

de medida y allí se determina la concentración de mercurio mediante espectrofotometría de absorción atómica sin llama a 253,7 nm, método de vapor frío.

- *Analizador directo de Mercurio DMA-80 de Milestone*

El DMA-80, es un analizador directo de mercurio, emplea el principio de descomposición térmica, amalgamación y absorción atómica.



Figura 2.15: Equipo de Análisis de mercurio, modelo DMA-80 de Milestone.[48]

En este equipo, las muestras son secadas y descompuestas térmicamente en un horno rico en oxígeno. El mercurio y otros productos de combustión son liberados de la muestra y transportados al catalizador donde se eliminan los interferentes de la matriz. El mercurio es recogido selectivamente mediante un horno a parte de una amalgama de oro. A lo largo de paso óptico del espectrofotómetro el flujo del vapor de mercurio es transportado por el gas a una celda dual la cual permite medir cuantitativamente por Absorción Atómica a 253,65 nm.

Capítulo 3

Resultados y Discusión

En este capítulo se van a presentar los resultados obtenidos de todos los experimentos realizados partiendo primero de los dos polímeros (HRGD6 y VOKx72) y trabajando con tres pH diferentes (ácido, neutro, y básico). Se dividirá de la siguiente manera:

- Experimentos a pH neutro

En este apartado se mostrarán los siguientes resultados:

- Tablas con los resultados individuales de los metales con los dos polímeros comprobando que estén dentro de los valores permitidos.
- Se comentará la capacidad de adsorción que tienen los polímeros con los diferentes metales, se mostrará un gráfico para poder ver la diferencia que tienen los dos polímeros en la capacidad de absorción con cada metal.
- Para cada metal y con cada polímero se calculará las constantes del modelo de Langmuir, mostrando las gráficas C_f Vs C_f/q .

- Experimentos a diferentes pH

En este apartado se representará la capacidad de eliminación que tiene cada polímero con los diferentes metales y a diferentes pH.

- Experimentos con mezcla de metales

Por último, se hará una comparativa con los resultados que se obtuvieron en las muestras de mezcla de metales con los resultados obtenidos en las muestras individuales con cada metal y con los dos polímeros.

3.1. Experimentos pH neutro

En este apartado se han hecho experimentos con los dos polímeros (HRGD6 y VOKx72) a pH neutro y con todos los metales individualmente (Cu, Pb, Zn, Pb, Hg y Fe) con los que se ha trabajado.

Primeramente se podrán ver en las siguientes tablas los resultados medios que se han obtenido para todos los metales y con los dos polímeros, ya que de cada metal y con cada polímero se han hechos los experimentos por triplicado como se pueden ver en el *Anexo A*, comprobando que las concentraciones finales entran o no dentro de las concentraciones máximas permitidas en aguas, tal como se indicó en el capítulo 1 en la tabla 1.3.

En la siguiente tabla muestra los resultados de los seis metales con una concentración de 20 mg/mL con el polímero HRGD6:

Metal	C_{incial}(ppm)	C_{final}(ppm)	Validación	Valor límite (ppm)
Plomo	0,824	0,033	Permitido	<0,05
Cobre	0,824	0,221	Permitido	0,1-1,5
Hierro	0,824	0,012	Permitido	<0,2
Mercurio	0,824	0,002	No Permitido	<0,001
Zinc	0,072	0,061	Permitido	<2,115
Cadmio	0,824	0,188	No Permitido	<0,005

Tabla 3.1: Resultados a pH neutro con 20 mg/mL de HRGD6.

Se puede observar que el mercurio es el metal que más se reduce su concentración a pesar de que no esté entre los límites permitidos según la legislación. Salvo el mercurio y el cadmio, los demás entran dentro de las concentraciones permitidas en agua, con lo que para estos dos metales, se volvió a realizar los experimentos pero ahora con una concentración de 50 mg/mL de polímero HRGD6 y se obtuvo los siguientes resultados:

Metal	C_{incial}(ppm)	C_{final} (ppm)	Validación	Valor límite (ppm)
Mercurio	0,824	0,002	No Permitido	<0,001
Cadmio	0,824	0,038	No Permitido	<0,005

Tabla 3.2: Resultados a pH neutro con 50 mg/mL de HRGD6.

Los resultados siguen siendo estando fuera de las concentraciones máximas permitidas aun habiendo aumentado la concentración de polímero y se puede ver que no varían mucho con respecto los resultados con una concentración de 20 mg/mL.

En la tabla 3.3 se mostrarán los resultados de los experimentos realizados con el polímero VOKx72 con una concentración de 20 mg/mL.

Metal	C_{incial}(ppm)	C_{final}(ppm)	Validación	Valor límite (ppm)
Plomo	0,824	0,315	No Permitido	<0,05
Cobre	0,824	0,850	Permitido	0,1-1,5
Hierro	0,824	0,030	Permitido	<0,2
Mercurio	0,824	0,011	No Permitido	<0,001
Zinc	0,072	0,081	Permitido	<2,115
Cadmio	0,824	0,084	No Permitido	<0,005

Tabla 3.3: Resultados a pH neutro con 20 mg/mL de VOKx72.

Como se hizo en el caso del polímero HRGD6, los metales que no entraron dentro de las concentraciones máximas permitidas en aguas se realizo el mismo experimento con una concentración de 50 mg/ml y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 3.4.

Metal	C_{incial}(ppm)	C_{final}(ppm)	Validación	Valor límite (ppm)
Mercurio	0,824	0,005	No Permitido	<0,001
Plomo	0,824	0,359	No Permitido	<0,05
Cadmio	0,824	0,055	No Permitido	<0,005

Tabla 3.4: Resultados a pH neutro con 50 mg/mL de VOKx72.

Se puede ver que ocurre lo mismo que con el HRGD6, al aumentar la concentración del polímero no disminuye más la concentración final de los metales en agua y no entran en las concentraciones máximas permitidas de los metales en agua, con lo que se puede decir que aunque aumentemos la concentración de ambos polímeros se va a eliminar la misma concentración de metal.

Además, con este polímero se realizó un experimento más, el cual se partió de las concentración final más alta de los muestras hechas con una concentración de polímero de 20 mg/mL, se puede ver en la tabla A.2, y se añadió más polímero con la misma concentración, se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 3.5.

Metal	C_{incial}(ppm)	C_{final}(ppm)	Validación	Valor límite (ppm)
Mercurio	0,02	0,001	Permitido	<0,001
Plomo	0,463	0,04	Permitido	<0,05
Cadmio	0,126	0,005	Permitido	<0,005

Tabla 3.5: Resultados a pH neutro añadiendo de nuevo polímero.

En este caso, añadiendo una concentración de 20 mg/mL de polímero VOKx72 a la una disolución con una concentración inicial igual a la concentración final obtenida en los anteriores resultados, se consigue eliminar más concentración de estos tres metales y poder estar en concentraciones las cuales están permitidas en el agua según la legislación.

A continuación, se representará un gráfico de la capacidad de adsorción, la cual es definida en base a las isoterma de adsorción en disolución como se explicó en el capítulo 2, de los dos polímeros con todos los metales, calculado a partir de la ecuación 2.2, pudiendo ver de cada metal cuando se adsorbe mejor si con el HRGD6 o con el VOKx72.

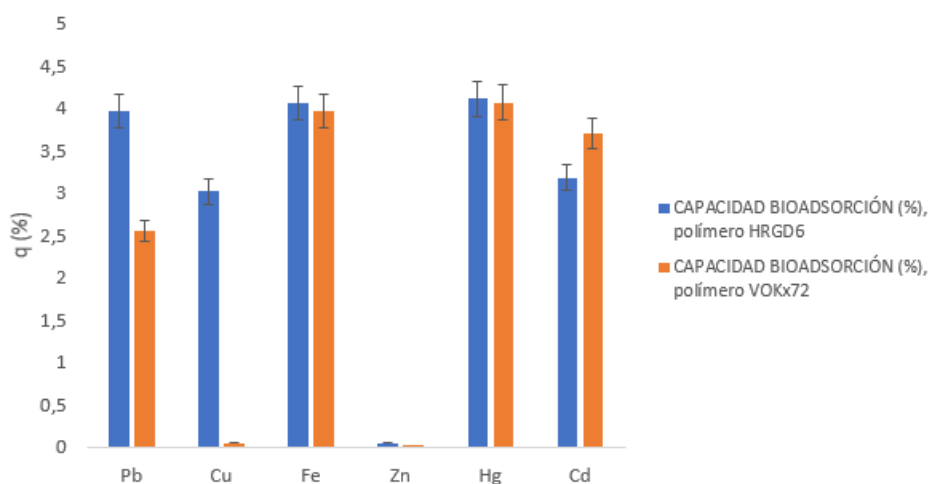


Figura 3.1: Comparación entre los dos polímeros de la capacidad de bioadsorción

Se puede ver que la capacidad de bioadsorción es mayor para todos los metales con el polímero HRGD6 excepto con el metal cadmio, esto puede ser debido a la presencia de histidinas que contiene el polímero y que el polímero VOKx72 no tiene. El caso del cadmio, sin embargo, los resultados muestran que se eliminar mejor con el polímero VOKx72, esto podría ser debido a que dicho polímero contiene más moléculas de lisinas que el HRGD6 y el cadmio tiene más afinidad con las lisinas que con otro aminoácido. Además, la diferencia entre que metal es más afín con cada polímero es debida a la carga de los cationes de los metales, un complejo es más estable cuánto mayor sea la carga del catión, más orbitales vacíos tenga y menor sea su tamaño, es decir, el radio iónico. Con lo que el Pb, Fe y Hg son con los que más capacidad de adsorción tienen ambos polímeros, porque son los que mas carga tienen, el Pb y el Fe tienen, además, algún orbital vacío o incompleto, por lo tanto serán los complejos más estables.

Seguidamente, se mostrará la ecuación que sigue la unión de un metal con un ligando, ión o molécula que se une a un átomo de metal central para formar un complejo de coordinación, en este caso un aminoácido, histina o lisina, además, un ejemplo de gráfico de como se complejan algunos de los metales utilizados con los aminoácidos.



donde M es el metal, L el ligando y ML el complejo metal-ligando.

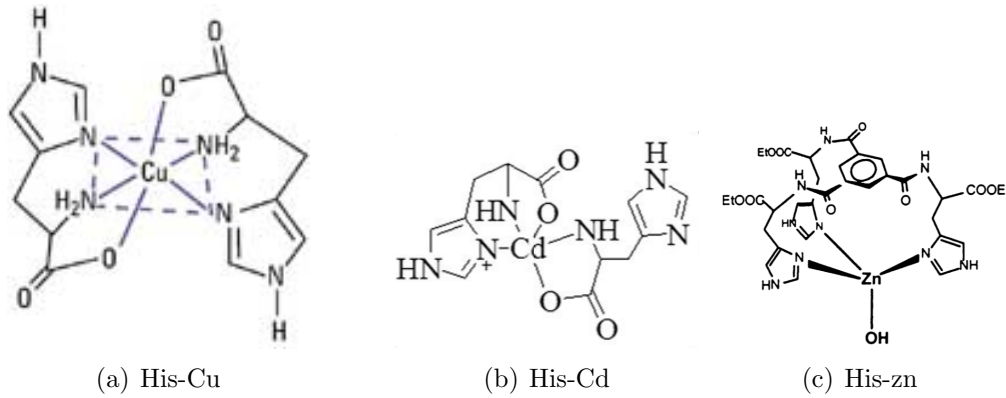


Figura 3.2: Modelo complejos con histidina

Por último, se mostrarán los gráficos del modelo de Langmuir [42] C_f Vs (C_f/q) representando la ecuación de la gráfica y a partir de ella se calcula las constantes del modelo de Langmuir (q_{max} , capacidad máxima de retención de metal por unidad de masa de adsorbente y K_d constante de formación del complejo) y además se calculará la constante de disociación del complejo K_f , siendo $1/q_{max}$ la pendiente de la recta y k_d/q_{max} la ordenada en el origen.

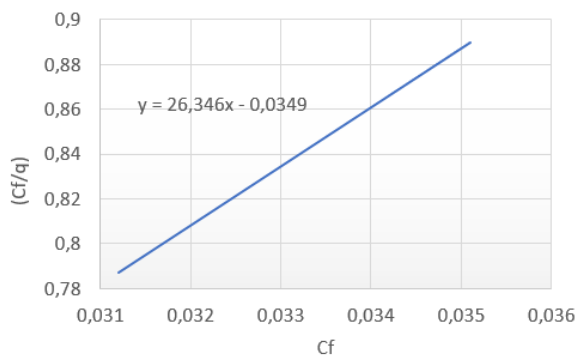


Figura 3.3: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal plomo con $q_{max} = 3,79 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,324 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 755$.

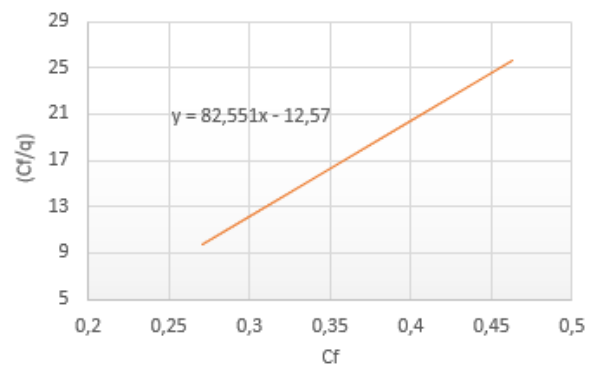


Figura 3.4: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal plomo con $q_{max} = 1,21 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 0,15$ y $k_f = 6,56$.

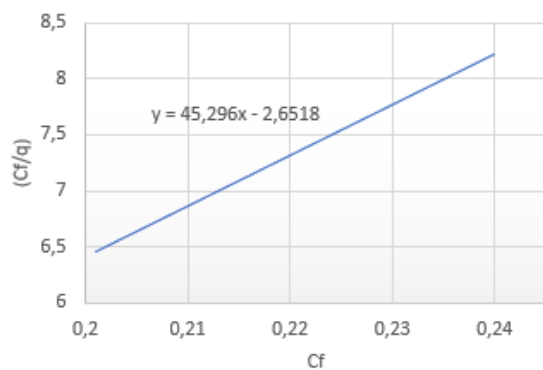


Figura 3.5: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal cobre con $q_{max} = 2,22 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 5,85 \cdot 10^{-2}$ y $k_f = 17$.

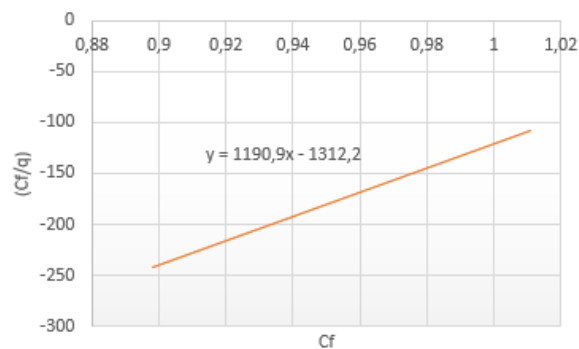


Figura 3.6: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal cobre con $q_{max} = 8,90 \cdot 10^{-4}$, $k_d = 1,10$ y $k_f = 0,90$.

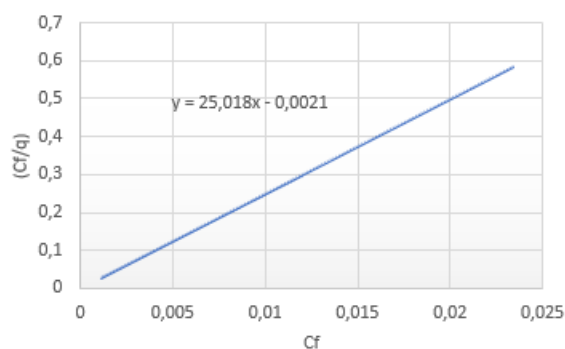


Figura 3.7: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal hierro con $q_{max} = 3,99 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,39 \cdot 10^{-5}$ y $k_f = 11913$.

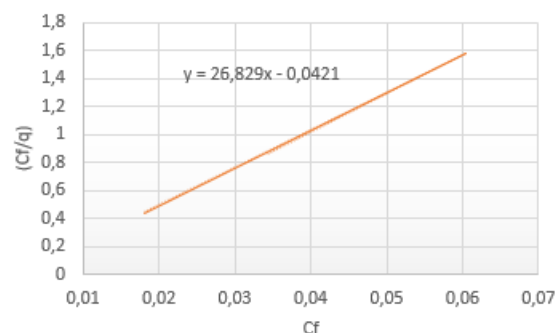


Figura 3.8: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal hierro con $q_{max} = 3,72 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,56 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 637,26$.

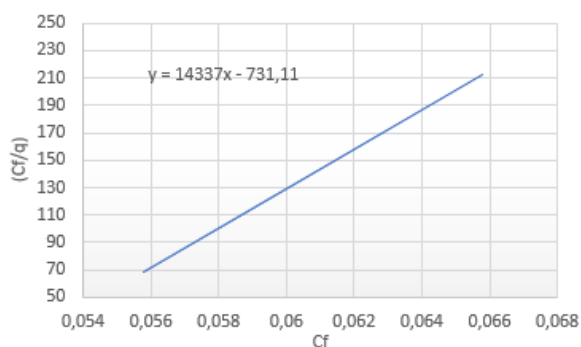


Figura 3.9: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal zinc con $q_{max} = 7,30 \cdot 10^{-4}$, $k_d = 0,51$ y $k_f = 1,96$.

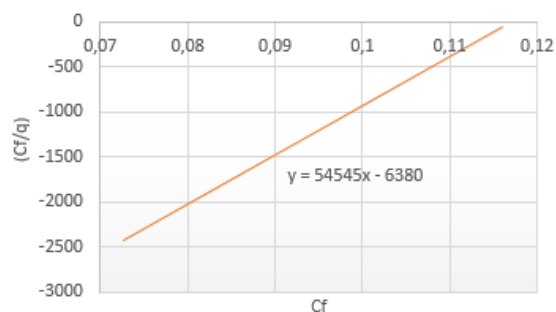


Figura 3.10: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal zinc con $q_{max} = 1,83 \cdot 10^{-5}$, $k_d = 0,12$ y $k_f = 8,55$.

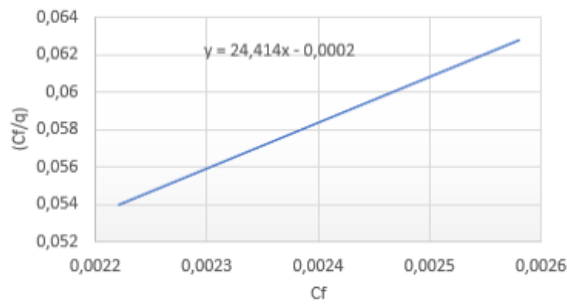


Figura 3.11: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal mercurio con $q_{max} = 4,09 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,19 \cdot 10^{-6}$ y $k_f = 122070$.

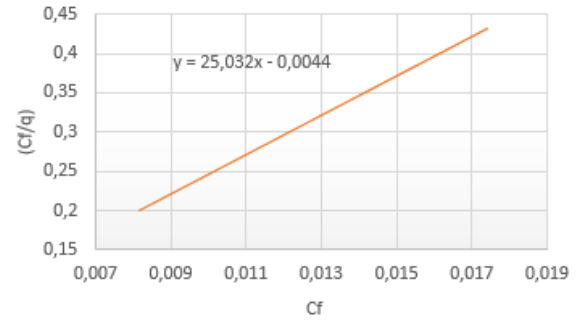


Figura 3.12: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal mercurio con $q_{max} = 3,99 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 1,75 \cdot 10^{-4}$ y $k_f = 5689$.

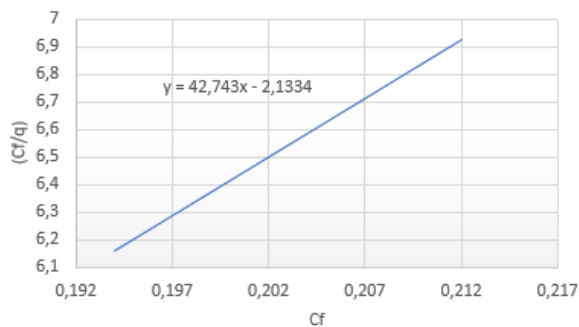


Figura 3.13: Modelo de Langmuir con el polímero HRGD6 y el metal cadmio con $q_{max} = 2,48 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 4,04 \cdot 10^{-2}$ y $k_f = 24,75$.

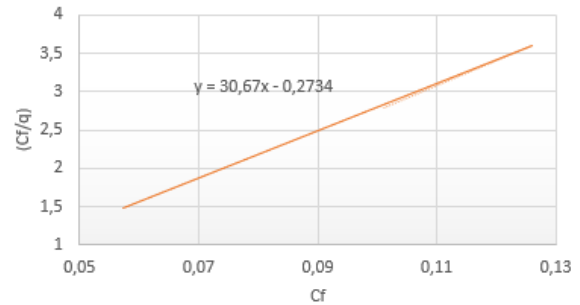


Figura 3.14: Modelo de Langmuir con el polímero VOKx72 y el metal cadmio con $q_{max} = 3,26 \cdot 10^{-2}$, $k_d = 8,91 \cdot 10^{-3}$ y $k_f = 112$.

Los gráficos muestran la regresión lineal del modelo de Langmuir, se ha calculado las constantes del modelo, q_{max} es la capacidad máxima de adsorción, se puede comprobar que de cada pareja de metal-polímero, el valor de la constante de capacidad máxima de adsorción está relacionada con el gráfico 3.1, además la constante de de disociación del complejo K_f muestra que la estabilidad del complejo metal-polímero es mayor en todos los casos con el polímero HRGD6.

3.2. Experimentos a diferentes pH

Después de realizar los experimentos a un pH neutro se hicieron los mismos experimentos a pH ácido y a pH básico, para poder comprobar si los metales se complejan mejor con los dos polímeros con lo que se ha trabajado si a pH neutro o a un pH diferente.

Se ha calculado el porcentaje de eliminación (%E) que se ha producido para los tres pH mediante la siguiente fórmula:

$$\%E = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} \cdot 100 \quad (3.2)$$

Teniendo calculado el porcentaje de eliminación para los tres pH para todos los metales y con los dos polímeros se han representado en una gráfica los tres porcentajes de eliminación para cada metal y con los dos polímeros para poder compararlo bien y ver con que pH se elimina mejor la concentración de metal en agua.

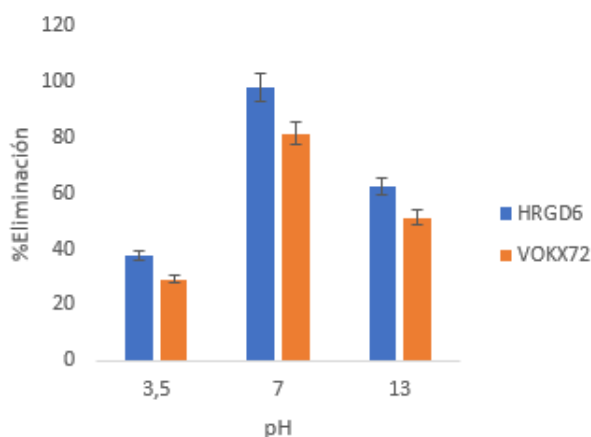


Figura 3.15: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Plomo.

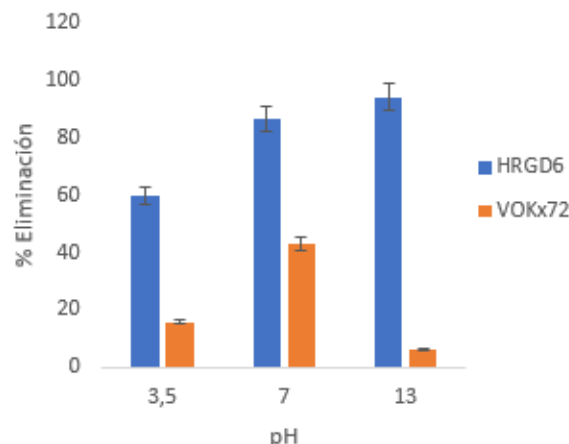


Figura 3.16: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Cobre.

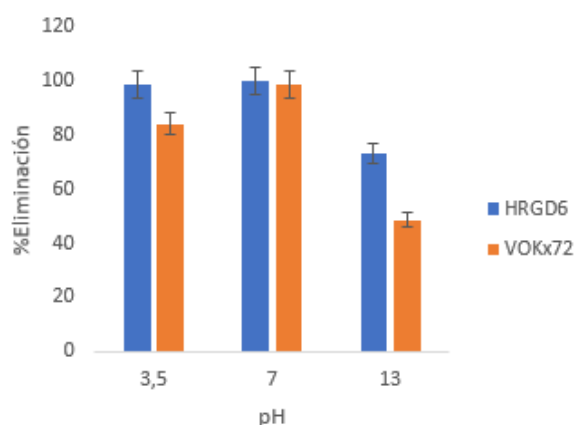


Figura 3.17: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Mercurio.

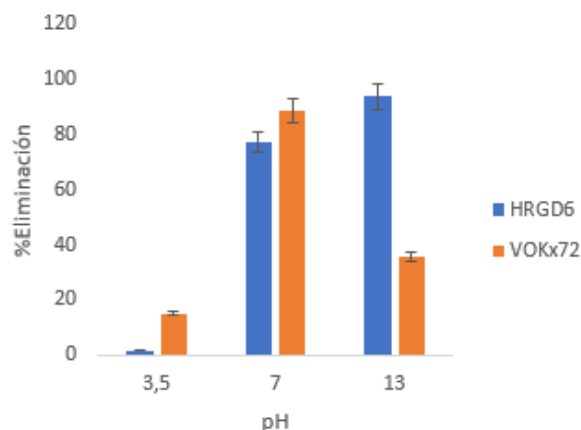


Figura 3.18: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Cadmio.

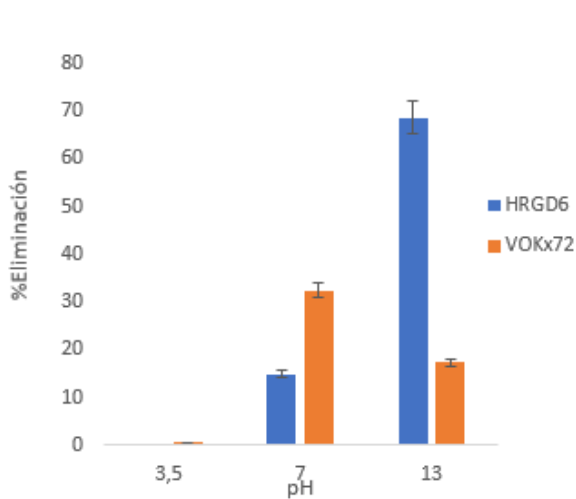


Figura 3.19: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Zinc.

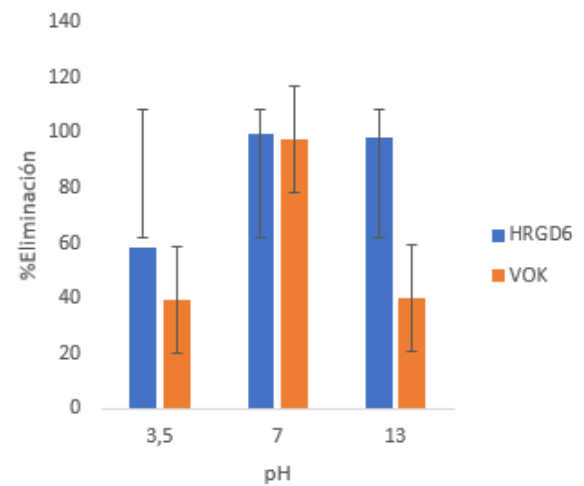


Figura 3.20: Comparación del porcentaje de eliminación para los tres pH y los dos polímeros con el metal Hierro.

Como se puede observar, los metales Zinc, Cadmio y Cobre se obtienen mayor porcentaje de eliminación a pH básico (en apenas diferencia con el pH neutro), con el resto se obtienen mejores resultados a un pH neutro. Ambos polímeros tienen carga positiva, se puede observar en los gráficos que a un pH ácido la mayoría de los metales son peor eliminados que con un pH neutro o básico, esto es debido a que la carga del ELR depende del pH, y la reactividad de este con el metal está relacionada con las cargas. El valor del pH de la disolución define el grado de protonación de los grupos funcionales de los ELRs, la complejación por ligandos orgánicos e inorgánicos, precipitación. Para cada metal y biadsorbente el pH óptimo es diferente y específico ya que la carga de aminoácido depende del pH y la reactividad con el metal está relacionada con las cargas. Los metales Cu y Zn con el polímero HRGD6 son más reactivos a un pH básico, el Cd también, pero con el polímero VOKx72 esto podría ser debido a que dicho polímero contiene más moléculas de lisinas que el HRGD6 y el cadmio tiene más afinidad con las lisinas que con otro aminoácido. En cambio, los metales Fe, Pb y Hg resultan mejor eliminados a un pH neutro, con lo cual ese será el pH óptimo para ellos.

3.3. Experimentos con mezcla de metales

Para concluir, los últimos experimentos que se realizaron fueron con una disolución de todos los metales con lo que se ha trabajado, y poder comparar el porcentaje de eliminación de los experimentos con los metales individuales y los dos polímeros.

A continuación, se mostrarán los resultados de los experimentos de mezcla de metales

con los dos polímeros y su validación al igual que se mostró en los experimentos con pH neutro.

Metal	$C_{inicial}$	C_{final}	Validación	Valor límite (ppm)
Plomo	0,824	0,053	No Permitido	<0,05
Cobre	0,824	0,1235	Permitido	0,1-1,5
Hierro	0,824	0,074	Permitido	<0,2
Mercurio	0,824	0,022	No Permitido	<0,001
Zinc	0,072	0,064	Permitido	<2,11
Cadmio	0,824	0,041	No Permitido	<0,005

Tabla 3.6: Resultados con mezcla de metales a pH neutro con 20 mg/mL de HRGD6.

La siguiente figura muestra un gráfico comparando los resultados de mezcla de metales con los resultados que se realizaron individualmente cada metal con el polímero HRGD6.

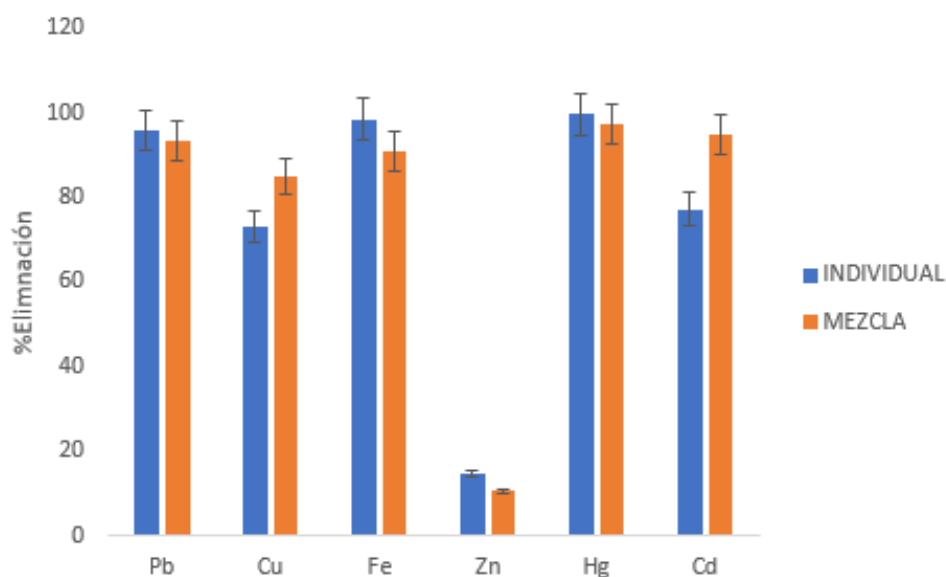


Figura 3.21: Comparación entre los resultados de los experimentos con cada metal y con los experimentos con mezcla de metales con el polímero HRGD6.

Como era de esperar, en general, los resultados cuando se realizan las muestras con los metales individuales son mejores, el porcentaje de eliminación es mayor que cuando se realizan con una disolución de mezcla de metales.

Para finalizar, se mostrarán los resultados obtenidos con el polímero VOKx72:

Metal pesado	$C_{inicial}$	C_{final}	Validación	Valor límite (ppm)
Plomo	0,824	0,031	Permitido	<0,05
Cobre	0,824	0,158	Permitido	0,1-1,5
Hierro	0,824	0,009	Permitido	<0,2
Mercurio	0,824	0,0013	No Permitido	<0,001
Zinc	0,072	0,038	Permitido	<2,11
Cadmio	0,824	0,003	No Permitido	<0,005

Tabla 3.7: Resultados con mezcla de metales a pH neutro con 20 mg/mL de VOKx72.

La siguiente figura muestra un gráfico comparando los resultados de mezcla de metales con los resultados que se realizaron individualmente cada metal con el polímero VOKx72.

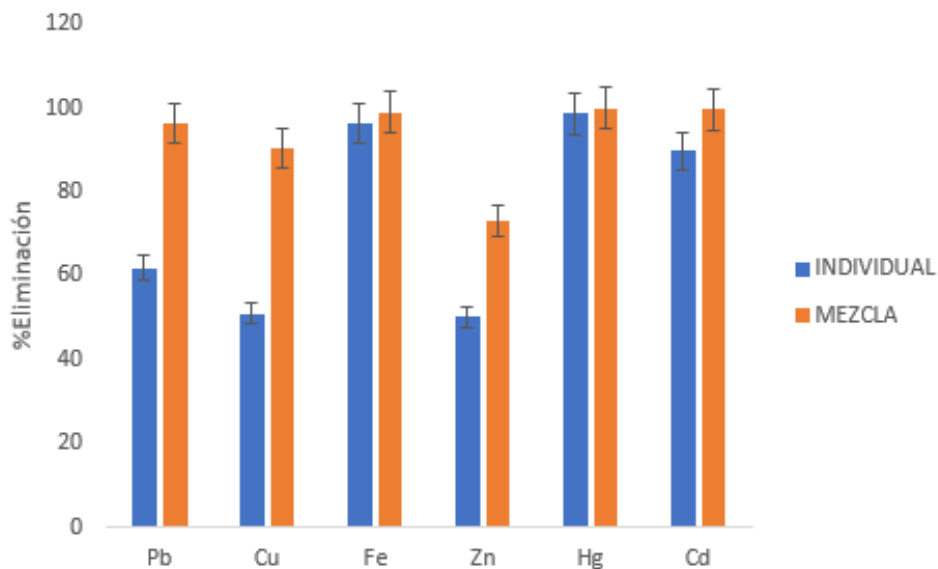


Figura 3.22: Comparación entre los resultados de los experimentos con cada metal y con los experimentos con mezcla de metales con el polímero VOKx72.

Los resultados de mezcla con el polímero VOKx72 son mejores que los experimentos realizados individualmente cada metales con el polímero, esto puede ser debido a que puede que se haya formado un complejo interno, esto quiere decir que el ion metálico se une a la molécula orgánica por 2 o mas puntos de las mismas, originando estructuras cíclicas.

Capítulo 4

Instalación

En este capítulo se van a tratar dos puntos, primeramente las etapas de las que se compone una planta de tratamiento de agua residual(EDAR), el segundo punto y de gran importancia para cualquier proyecto es el estudio de la viabilidad económica, se calculará el presupuesto de la etapa de eliminación de metales pesados en aguas mediante biopolímeros y se comprobará si es viable en la actualidad poder realizar este proyecto.

4.1. Etapas de una planta de tratamiento de agua

Una planta de tratamiento de agua (EDAR) tiene dos líneas importantes de trabajo, una de ellas es la línea de agua y la otra es la línea de fangos o lodos, en la siguiente imagen se muestra un esquema donde se podrá ver las dos líneas de agua [49].

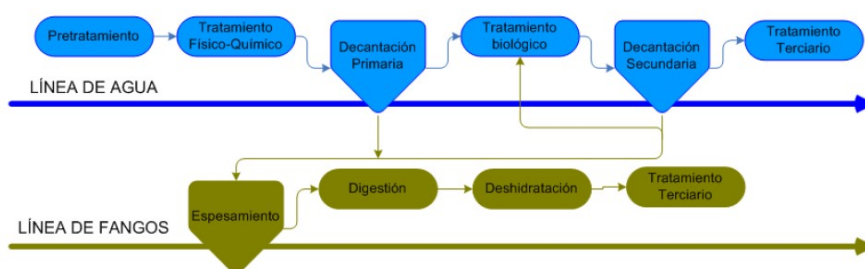


Figura 4.1: Esquema de una EDAR. [49]

Como se puede ver en la imagen existen cuatro etapas en la línea de agua en una EDAR, el pretratamiento, la etapa primaria la cual se compone de un tratamiento físico-químico y de la primera decantación, la etapa secundaria en ella hay un tratamiento biológico y la segunda decantación, y por último, la etapa terciaria. A continuación, se

explicará lo que se realiza en cada etapa:

4.1.1. Pretratamiento

La primera etapa de una EDAR es el pretratamiento cuyo objetivo es eliminar del agua residual la mayor cantidad de materias, mediante operaciones físicas ó mecánicas, que debido a su naturaleza o por su tamaño producirían problemas en las tratamientos posteriores.

Las operaciones de esta etapa son por ejemplo la separación de grandes sólidos, debaste, tamizado, desarenado, desaceitado-desengrasado y preaireación.

Estas operaciones citadas dependen de una serie de factores:

- La procedencia del agua residual (doméstica, industrial, etc.).
- La calidad del agua bruta a tratar (mayor o menor cantidad de grasas, arenas sólidos).
- Del tipo de tratamiento posterior de la EDAR.
- De la importancia de la instalación

4.1.2. Etapa primaria

La etapa primaria está compuesta por tratamientos físico-químico seguido de una decantación. Después de haber pasado la etapa de pretratamiento puede seguir habiendo partículas muy finas llamadas coloides que tienen gran estabilidad en el agua, tienen un tamaño muy pequeño del orden de micras y son una de las causas importantes de contaminación. Estas partículas son imposibles de separar mediante decantación, flotación o por filtración.

Con lo que el tratamiento físico-químico del agua residual tiene como objetivo la alteración del estado físico de estas partículas mediante la adición de ciertos productos químicos para poder separarlas a continuación por sedimentación, las fases de depuración físico-químicas son la coagulación, la coadyuvación y la floculación.

Este tratamiento puede llegar a eliminar entre un 80-90 %.

4.1.3. Etapa secundaria

En esta etapa, la materia orgánica que queda disuelta y en suspensión así como el resto de las partículas sólidas que no se han eliminado en los tratamientos anteriores, son eliminadas mediante los denominados "Procesos Biológicos de Depuración Aerobia", que en la línea de aguas constituyen los tratamientos secundarios.

Podemos definir los "Procesos Biológicos de Depuración Aerobia", como aquellos realizados por determinado grupo de microorganismos que en presencia de Oxígeno, actúan sobre la materia orgánica e inorgánica disuelta, suspendida y coloidal existente en el agua residual, transformándola en gases y materia celular, que puede separarse fácilmente mediante sedimentación. La unión de materia orgánica, bacterias y sustancias minerales forma los flóculos y el conjunto de flóculos es lo que se conoce como fango biológico.

4.1.4. Etapa terciaria

Esta es la última etapa de una planta de tratamiento de agua residual, y en ella se producen una serie de procesos con el objetivo de incrementar la calidad del agua con sus estándares requeridos y concentraciones de metales correspondientes para poder descargar el agua en ríos, mares, lagos y campos. Los procesos que se realizan son los siguientes [50]:

- Filtración.

La filtración de arena retiene gran parte de los residuos de materia suspendida y las toxinas residuales, son retenidas por el carbón sobrante de la filtración.

- Lagunaje.

Este tratamiento de lagunas proporciona sedimentación y mejora biológica adicional por almacenaje en charcos y lagunas artificiales.

- Humedales artificiales.

Proporcionan un alto grado de materia biológica aerobia y pueden utilizarse a menudo en lugar del tratamiento secundario para las poblaciones pequeñas.

- Remoción de nutrientes.

Las aguas residuales pueden contener altos índices de presencia de los nutrientes nitrógenos y fósforo, lo cual puede ser tóxico para las especies de fauna marina.

- Desinfección.

El objetivo de esta última fase del tratamiento terciario es reducir substancialmente el número de organismos vivos.

Además, en esta EDAR se va a incluir en la etapa terciaria la eliminación de metales pesados en aguas mediante biopolímeros, la cual es el objetivo de este trabajo. En el apartado de *ANEXOS C* se podrán ver los planos de una posible instalación a nivel industrial de este tratamiento de eliminación de la concentración de los metales a niveles permitidos.

4.2. Presupuesto

Se realizará el presupuesto de la parte de la eliminación de metales pesados en aguas mediante biopolímeros, supondremos que el volumen de agua es el correspondiente a la capacidad de la planta de tratamiento de la empresa MATSA, la cual son 400 m³/h, el polímero con el que se hará el presupuesto será el VOKx72 debido a que según los resultados de los experimentos realizados con mezcla de metales ha dado mejores resultados que el HRGD6, la concentración del polímero con la que se ha trabajado es de 20 mg/mL y se asume una vida útil de la plante de 10 años.

Para calcular el presupuesto de un proyecto habrá que calcular la inversión inicial, los costes de operación, gastos generales y por último los ingresos por ventas, que en este caso será el agua tratada que se podrá distribuir en las localidades de Calañas y Almonaster la Real o que puede volver a ser reutilizada [51].

4.2.1. Inversión inicial

La inversión inicial es el capital necesario que se ha de aportar para poder poner en marcha la ejecución del proyecto. Esta se estructura en los siguientes cuatro componentes:

Costes previos

Es la cantidad monetaria previa al inicio del proyecto y de la construcción de la planta, por ejemplo el coste de la parcela. El precio de terreno industrial en el municipio de Almonaster la Real (Huelva) oscila entre 95–220 €/ m². El terreno de la etapa en la que está enfocada este trabajo estará a continuación de la planta de tratamiento de agua ya construida en la empresa MATSA, con una superficie de 150 m² [52].

El coste de la parcela se calcula de la siguiente forma:

$$Coste_{parcela} = Área_{parcela} \cdot Precio_{terreno} \quad (4.1)$$

Donde:

- $Coste_{parcela}$: Coste total de la parcela (€).
- $Área_{parcela}$: Área de la parcela (m²/€).
- $Precio_{terreno}$: Precio por metro cuadrado del terreno en Huelva (€/m²)

Sustituyendo valores en 4.1 da un coste de parcela de **15000€**.

Capital inmovilizado

El capital inmovilizado supone una gran cantidad monetaria y por lo tanto gran parte de la inversión inicial. Está destinado para la adquisición de los equipos de la planta, instrumentos, maquinaria y así como también del polímero, es decir, elementos necesarios para construir físicamente la planta.

Para calcularlo se ha utilizado el método de los coeficientes globales, en concreto el método de Williams.

En este método se pueden obtener cálculos rápidos del coste del capital de un equipo o planta de similar tamaño o capacidad, relacionándolo mediante un exponente:

$$C_2 = C_1 \cdot \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^n \quad (4.2)$$

Donde:

- C_2 : Coste de la planta a conocer (€).
- C_1 : Coste de la planta conocido (€).
- Q_2 : Magnitud característica de la planta a determinar su coste (m³/h).
- Q_1 : Magnitud característica de la planta de coste conocido (m³/h).
- n : Exponente de Williams. Normalmente corresponde a un valor de 0,6.

C_1 y Q_1 corresponden al proyecto constructivo de la estación depuradora de aguas residuales y colectores en alta de Sant Jaume D'Enveja (Tarragona), $5,52 \cdot 10^6$ (€) y 45,83(m³/h) respectivamente [50].

Sustituyendo en la ecuación 4.2 se obtiene un valor de C_2 igual a $20,26 \cdot 10^6 \text{€}$.

Se obtiene una inversión de 20,26 M€. Además, se ha de tener en cuenta el precio del polímero, ya que forma parte del capital inmovilizado, indicado en la tabla 4.3.

Polímero	Cantidad(tn/año)	Precio(€/gr)	Coste(€)
VOKx72	57600	1	$5,76 \cdot 10^{10}$

Tabla 4.1: Coste del Polímero

El cálculo de la cantidad de polímero en un año se ha hecho partiendo de que sabemos el caudal que tiene la planta de tratamiento de la empresa MATSA, $400 \text{ m}^3/\text{h}$, y que los experimentos se han realizado satisfactoriamente con una concentración de 20 mg/ml .

$$\text{Cantidad polímero} = 400(\text{m}^3/\text{h}) \cdot 7200(\text{h}) \cdot 10^6 \cdot 20(\text{mg/mL}) \cdot \frac{1}{10^9} = 57600 \text{ tn} \quad (4.3)$$

Sumando el coste del polímero al coste de la planta que se ha obtenido anteriormente, se obtendrá el capital inmovilizado:

$$\begin{aligned} \text{Capital inmovilizado} &= \text{Coste planta} + \text{Coste polímero} = 5,76 \cdot 10^{10} \text{€} \\ & \text{(cincuenta y siete mil seiscientos millones de euro)} \end{aligned} \quad (4.4)$$

Capital circulante

El capital circulante corresponde a la cantidad monetaria destinada al funcionamiento del negocio, es un capital variable y no amortizable el cual se encuentra en movimiento durante la vida útil de la planta.

Se ha calculado mediante el método global el cual es un 10-30% del capital inmovilizado.

$$\begin{aligned} \text{Capital circulante} &= 0,30 \cdot \text{Capital inmovilizado} = 1,73 \cdot 10^{10} \text{€} \\ & \text{(diecisiete mil trescientos millones de euros)} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Puesta en marcha

El capital asociado a la puesta en marcha se basa en los gastos que puedan producirse como la limpieza de equipos, reparaciones, modificaciones, pérdidas de reactivo y producto.

Sin embargo, estos costes no se tendrán en cuenta ya que suponen una pequeña cantidad respecto el capital inmovilizado y el capital circulante, pero si se tendrá en cuenta el coste de la parcela.

Finalmente se obtiene la inversión total que se hará para el proyecto, la cual incluye el capital inmovilizado, el capital circulante y el coste de la parcela.

Inversión Total	$7,50 \cdot 10^{10}$ € (<i>setenta y cinco mil millones de euros</i>)
------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 4.2: Inversión Total

4.2.2. Costes de operación

Los costes de operación están referidos a los valores de los bienes y prestaciones utilizados por la empresa, estos pueden ser costes directos, costes indirectos, costes fijos y costes variables.

Estos costes de operación incluyen los costes de fabricación, dentro de ellos se engloba los gastos de materias primas, mano de obra directa, mano de obra indirecta, servicios, suministros, mantenimiento, laboratorios, técnicos y directivos y seguros; y los gastos generales, gastos de investigación y servicios técnicos.

Costes de fabricación

- Materias primas

El coste de la materia prima incluye todos los costes que supone la obtención, transporte, almacenamiento de la materia prima, en este caso es el polímero VOKx72 con el que vamos a eliminar la concentración de metales en el agua residual proveniente de la actividad minera MATSA, el cual se indicó en la tabla 4.3.

- Mano de obra directa

La mano de obra directa es la que únicamente está relacionada con el proceso de tratamiento del agua.

Se considera una jornada laboral por cada trabajador de 2400 horas anuales, ya que la planta opera 300 días al año y suponiendo que la jornada laboral de cada uno es de 8 horas.

Suponiendo que la plantilla disponible fuera la representada en la siguiente tabla, se obtendría los costes relacionados con los salarios siguientes [51]:

Carga empresarial	Nº de trabajadores	Sueldo(€/h)	Coste total(€)
Operarios	4	11	$3,16 \cdot 10^5$
Calidad	2	13	$6,24 \cdot 10^4$
Laboratorios	3	9	$1,94 \cdot 10^5$
Mantenimiento	3	12	$2,59 \cdot 10^5$
		TOTAL(€)	832800

Tabla 4.3: Costes de mano obra directa

Con lo que los costes por mano de obra directa son 832800€ (*ochocientos treinta y dos mil ochocientos euros*).

- Servicios

Los costes de los servicios son de aquellos necesarios para garantizar el funcionamiento de la planta.

Servicio	Valor(KWh)	Precio (€/KW ·h)	Coste (€/año)
Electricidad (KW)	758,75	0,0846	$463,16 \cdot 10^3$ € (<i>cuatrocientos sesenta y tres mil ciento sesenta euros</i>)

Tabla 4.4: Coste de los servicios

- Mantenimiento

Se incluye en este apartado el coste de todas las revisiones periódicas, reparaciones y sustituciones de piezas que no se realizan por empresas externas. El coste de mantenimiento supone entre un 2-10% del coste del capital inmovilizado. En este caso se elige 3%.

$$\text{Mantenimiento} = 0,03 \cdot \text{Capital inmovilizado} = \mathbf{1,73 \cdot 10^9 \text{€}}$$

(*un millón setecientos treinta mil euros*) (4.6)

- Laboratorios

En la planta de tratamiento de agua de MATSA se tienen laboratorios de control de calidad a la salida de la EDAR para determinar que los parámetros están en sus límites permitidos. Supone entre un 5-25% de la mano de obra directa. Se elige un 10%.

$$\begin{aligned} \text{Laboratorios} &= 0,15 \cdot \text{Mano de obra directa} = \mathbf{83280\text{€}} \\ & \text{(ochenta y tres mil doscientos ochenta euros)} \end{aligned} \quad (4.7)$$

- Seguros

Para la construcción de cualquier planta se necesitan seguros. Supone el 1% del capital inmovilizado.

$$\begin{aligned} \text{Seguros} &= 0,01 \cdot \text{Capital inmovilizado} = \mathbf{5,76 \cdot 10^8\text{€}} \\ & \text{(quinientos setenta y seis mil euros)} \end{aligned} \quad (4.8)$$

La siguiente tabla muestra un resumen de todos los costes de fabricación y la suma de todos ellos:

Costes de Fabricación	
Materias primas	$5,76 \cdot 10^{10} \text{€}$
Mano de obra directa	$8,32 \cdot 10^5 \text{€}$
Servicios	$4,63 \cdot 10^5 \text{€}$
Mantenimiento	$1,73 \cdot 10^9 \text{€}$
Laboratorios	$8,32 \cdot 10^4 \text{€}$
Seguros	$5,76 \cdot 10^8 \text{€}$
TOTAL	$6 \cdot 10^{10} \text{€}$ (<i>sesenta mil millones de euros</i>)

Tabla 4.5: Resumen costes de fabricación.

Gastos generales

- Gastos de investigación y servicios técnicos

Las empresas necesitan invertir parte de su beneficio en el asesoramiento sobre nuevas vías de investigación para el desarrollo. Dicho parámetro supone un valor entre 0-5% del valor de los costes de fabricación totales, se elige un valor del 2%.

$$\begin{aligned} \text{Gastos de investigación y servicios técnicos} &= \\ & 0,02 \cdot \text{Costes fabricación} = \mathbf{1,20 \cdot 10^9\text{€}} \\ & \text{(un millón doscientos mil euros)} \end{aligned} \quad (4.9)$$

Los costes de operación serán la suma de los costes de fabricación y los gastos generales.

Costes de Fabricación	$6 \cdot 10^{10} \text{ €}$
Gastos Generales	$1,20 \cdot 10^9 \text{ €}$
Costes de Operación	$6,12 \cdot 10^{10} \text{ €}$ (<i>sesenta y un millones doscientos mil euros sesenta y un millones doscientos mil euros</i>)

Tabla 4.6: Costes de operación.

4.2.3. Ingresos por ventas y Retorno de beneficio

En este apartado se calculará los ingresos que tendrá la empresa al vender el agua acta para el consumo humano y para poder usarla en actividades industriales, agrícolas o de uso cotidiano.

Ingresos por ventas

El objetivo de esta etapa dentro de la planta de tratamiento de agua residual de la empresa MATSA es mediante el método de Biadsorción, el cual es un método biodegradable y que no contamina, eliminar las concentraciones de metales provenientes de la actividad minera hasta unos valores que sean permitidos en el agua para la salud humana y animal.

Este agua ya potable se podrá distribuir entre las poblaciones de Calañas y Almonaster la Real. Se ha supuesto que todo el agua que ha entrado como agua residual se convierte en agua potable, conociendo que el valor medio del metro cúbico en España es de $1,66 \text{ €/m}^3$ [53].

$$\begin{aligned}
 \text{Ventas} &= \text{Caudal (m}^3/\text{h)} \cdot \text{Precio m}^3 \text{ agua} \cdot \text{Horas trabajadas} = \\
 &400(\text{m}^3/\text{h}) \cdot 1,66(\text{€/m}^3) \cdot 7200(\text{h}) = \mathbf{4,78 \cdot 10^6 \text{ €}} \\
 &\quad (\text{cuatro millones setecientos ochenta mil euros}) \quad (4.10)
 \end{aligned}$$

Retorno de beneficio

A pesar de tener un gasto grande para poder realizar la purificación del agua y poder eliminar las altas concentraciones de los metales en agua mediante el método de bioadsorción, habrá que restarle los beneficios que se obtienen vendiendo el agua ya potable para uso doméstico o industrial.

Por lo tanto, el gasto que supone será la suma tanto de la inversión inicial como de los costes de operación: $1,36 \cdot 10^{11} \text{ €}$.

Los beneficios que se obtienen son $4,78 \cdot 10^6 \text{€}$. Se obtendrá realmente un gasto de $1,36 \cdot 10^{11} \text{€}$ (*ciento treinta y seis mil millones de euros*) al año para poder realizar este tratamiento al agua con el polímero VOKx72.

Capítulo 5

Conclusiones y líneas futuras

5.1. Conclusiones

La investigación realizada en el presente trabajo nos ha llevado a obtener unos resultados a partir de los experimentos que se han realizado: en primer lugar la diferencia que existe entre los dos polímeros cuando se exponen a cada metal individualmente, se ha podido comparar las constantes del modelo de Langmuir de ambos polímeros. Por otro lado, con los experimentos realizados a diferentes pH se ha podido comprobar con que pH se consigue eliminar más concentración de metales en agua. También, en los experimentos realizados con mezcla de metales, el cual sería un caso real en depuradoras de agua procedentes de la minería, ha permitido conocer qué polímero sería el más adecuado para poder eliminar más concentración de metales y por ello qué polímero sería el correcto usar en depuradoras con el objetivo de poder eliminar la concentración de metales hasta valores permitidos según la legislación, por último, se comentará el presupuesto que se ha calculado para esta instalación.

Experimentos a pH neutro

- Con los experimentos realizados a pH neutro y individualmente cada metal con ambos polímeros y a una concentración de 20 mg/mL de ambos, se ha comprobado que con el polímero HRGD6 se consigue eliminar hasta concentraciones permitidas de más metales que con el VOKx72 esto es debido a que los metales usados son mas afines y se acomplejan mejor con el HRGD6 que con el VOKx72. Con ambos polímeros el metal mercurio y el cadmio no se consiguen concentraciones permitidas en agua según la legislación, además con el VOKx72 tampoco se ha conseguido eliminar el metal plomo hasta su concentración permitida, las concentraciones permitidas por la legislación de estos metales son muy pequeñas, con lo que

realizando una vez solo la muestra no se consigue llegar a esa concentración, se tendría que repetir el procedimiento experimental.

- Con el mercurio, cadmio y plomo se realizó el mismo experimento pero con una concentración de cada polímero de 50 mg/mL y los resultados fueron similares a los experimentos realizados con una concentración de 20 mg/mL.
- Con el polímero VOKx72 se comprobó que volviendo hacer los experimentos de nuevo con una concentración de 20 mg/mL partiendo de la concentración final obtenida de los tres metales que no se conseguían eliminar hasta las concentraciones de metales permitidas en agua (Hg, Cd y Pb) se obtuvieron resultados los cuales si que entraban dentro de los valores permitidos, con lo cual se puede decir que con un aumento de concentración de polímero no se consigue llegar a los resultados esperados, pero que repitiendo el proceso dos veces con la misma concentración si que se obtienen los resultados que se quieren.
- Con el gráfico 3.1 se comprueba lo que se ha dicho anteriormente, lo cual la capacidad de adsorción del polímero HRGD6 con cada metal es mayor que con el VOKx72 excepto con el cadmio.
- Del modelo de Langmuir se puede decir que la capacidad de adsorción máxima es para todos del orden de 10^{-2} excepto para el metal Zinc que para el HRGD6 es 10^{-4} y para el VOKx72 es de 10^{-5} y para del metal Cobre para el polímero VOKx72 que es del orden de 10^{-4} .
- La constante calculada, K_f , constante de disociación del complejo es mayor en todos los casos con el polímero HRGD6.

Experimentos a diferentes pH

- Se ha comprobado que el porcentaje de eliminación de concentración de metales es mayor con el polímero HRGD6 para los tres pH diferentes con lo que se ha trabajado, excepto para el Cd que se consigue mayor porcentaje de eliminación del metal con el VOKx72 con un pH ácido y neutro, y para el Zn es mayor en pH neutro con el polímero VOKx72, esto es debido a que los metales son más afines con el polímero HRGD6, pero en el caso del Cd lo es con el VOKx72 debido a la gran cantidad de moléculas de lisinas que contiene dicho polímero, en cuanto al pH, cada polímero y metal tiene un pH óptimo en el cual se produce mejor el complejo y con ello de se elimina más concentración de metal de la disolución

- En la mayoría de los casos a pH neutro se consigue mayor eliminación de concentración de metal, por eso, el siguiente experimento se realizó a un pH neutro, se concluye que es la mejor forma de eliminar la concentración de los metales en agua, a parte de las más económica por el hecho de no tener que utilizar ningún producto para cambiar el pH de la disolución.

Experimentos con mezcla de metales

- Con el polímero HRGD6 los experimentos realizados con mezcla de metales a la misma concentración de polímero que los experimentos realizados individualmente cada metal, se ha comprobado que los resultados son mejores cuando se realizan individualmente que cuando se trabaja con mezcla de metales.
- Con el polímero VOKx72 los experimentos realizados con mezcla de metales a la misma concentración de polímero que los experimentos realizados individualmente cada metal, se ha podido observar que los resultados son mejores cuando en la disolución están mezcla de metales que cuando se realizan individualmente, con lo que hace pensar que al tener el polímero mas cantidad de lisinas que el polímero HRGD6 en sus cadenas provoca que se puedan unir y formar más complejos con varios metales que cuando están individuales y con ello poder eliminar más cantidad de concentración de metales en agua.

Presupuesto

- Con los cálculos realizados en el capítulo 4 del presupuesto se puede decir que esta operación a nivel industrial supone un costo de $1,36 \cdot 10^{11} \text{€}$ (*ciento treinta y seis mil millones de euros*).
- Se ha tenido que ajustar el precio del polímero VOKx72 a un euro el gramo del polímero ya que son cantidades muy grandes y el uso normal de este polímero es para aplicaciones médicas o aplicaciones donde se utiliza cantidades en torno a miligramos.
- El problema de este presupuesto tan elevado, son las grandes cantidades de polímero que se necesita al hacer los cálculos con la capacidad de la planta de tratamiento de agua de la empresa MATSA. Para que salieran un presupuesto mas normal se tendría que operar con una planta de tratamiento con una capacidad mucho mas pequeña, en torno a un caudal de $0,020 \text{ m}^3/h$.

5.2. Líneas futuras

- **Polímeros HRGD6 y VOKx72.** Se ha comprobado que con ambos polímeros se consigue eliminar concentración de metal en aguas, con el HRGD6 es más eficaz cuando los metales están individuales y con el polímero VOKx72 elimina más concentración de metal cuando hay una disolución de varios metales, con lo que ambos polímeros se podrían utilizar para aplicaciones médicas, como poder realizar una diálisis en pacientes que puedan tener sustancias nocivas o tóxicas en la sangre. También otra posible aplicación de estos polímeros podría ser para eliminar concentración de metales en agua en volúmenes pequeños y muy concentrados.

Bibliografía

- [1] Julio L Bueno, Herminio Sastre, and Contaminación AG. Ingeniería ambiental. *Ed. FIC Y T. Oviedo*, 1997.
- [2] R Leberman and BR Rabin. Metal complexes of histidine. *Transactions of the Faraday Society*, 55:1660–1670, 1959.
- [3] Ciencia de la tierra y del medio ambiente.
- [4] Efectos de la minería sobre las fuentes de agua.
- [5] Javier Lillo. *Impactos de la minería en el medio natural*. Grupo de Geología Universidad Rey Juan Carlos, 2011.
- [6] Contaminación río odiel.
- [7] MATSA. A mubadala & trafigura company. *www.matsamining.com*.
- [8] Mina sotel. MATSA. A mubadala & trafigura company. <http://huelvabuenasnoticias.com/2015/01/19/matsa-obtiene-el-permiso-de-explotacion-de-mina-sotel/>.
- [9] Carlos Andrés Hernández Fuentealba. Análisis de costes de producción con implementación de equipos automatizado tomando como ejemplo mina magdalena. 2018.
- [10] Karla Pamela Romero Ledezma. Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, 12(1):45–46, 2009.
- [11] Ana Beatriz Picado González. Tabla periódica de los elementos. 2010.
- [12] Perla Esmeralda Pérez García and María Isabel Azcona Cruz. Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3):199–205, 2012.
- [13] Ana María Sancha and Leslie Lira. Presencia de cobre en aguas de consumo humano: causas, efectos y soluciones. *Ingeniería sanitaria y ambiental*, (80):56–9, 2005.

- [14] Propiedades químicas del hierro - efectos del hierro sobre la salud - efectos ambientales del hierro. *www.lenntech.es/periodica/elementos/fe.htm*.
- [15] Anuario Estadístico de Salud. Ministerio de salud pública. *Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud*. ISSN, pages 1561–4425, 2012.
- [16] Marisa Gaioli, Diego Amoedo, and Daniel González. Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Archivos argentinos de pediatría*, 110(3):259–264, 2012.
- [17] Propiedades químicas del plomo - efectos del plomo sobre la salud - efectos ambientales del plomo. *www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm*.
- [18] Propiedades químicas del zinc - efectos del zinc sobre la salud - efectos ambientales del zinc. *www.lenntech.es/periodica/elementos/zn.htm*,
- [19] Comunidad Europea. Establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. 2000.
- [20] Rey de España. Exposición de motivos. 2002.
- [21] Unión Europea. Decisión no 2455/2001/ce del parlamento europeo y del consejo de 20 de noviembre de 2001 por la que se aprueba la lista de sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*. L, 331(1):1–5, 2001.
- [22] Unión Europea. Directiva 2006/118/ce del parlamento europeo y del consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. *DO L*, 372, 2006.
- [23] María Enciso Alonso-Muñumer. Directiva 2006/68/ce del parlamento europeo y del consejo de 6 de septiembre de 2006 por la que se modifica la directiva 77/91/cee del consejo en lo relativo a la constitución de la sociedad anónima, así como al mantenimiento y modificaciones de su capita. *Revista de Derecho de Sociedades*, 2(27):539–552, 2007.
- [24] Directiva 2006/11/ce del parlamento europeo y del consejo de 15 de febrero de 2006 relativa a la contaminación causada por determinadas sustancias peligrosas vertidas en el medio acuático de la comunidad.
- [25] Unión Europea. Directiva 98/83/ce del consejo, de 3 de noviembre de 1998, relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano (doce núm. l 330/32, de 5 de diciembre de 1998).

- [26] Eva Blasco Hedó. Real decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. *Actualidad Jurídica Ambiental*, (50):38–40, 2015.
- [27] Diario Oficial de la Unión Europea. Directiva 2006/21/ce del parlamento europeo y del consejo de 15 de marzo de 2006 sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la directiva 2004/35/ce. Technical report, L 102/15-23, 2006.
- [28] Candelaria Tejada-Tovar, Ángel Villabona-Ortiz, and Luz Garcés-Jaraba. Adsorption of heavy metals in waste water using biological materials. *Tecno Lógicas*, 18(34):109–123, 2015.
- [29] Octave Levenspiel. *Ingeniería de las reacciones químicas*. Reverté, 2002.
- [30] Alexandra CC Plette, Marc F Benedetti, and Willem H van Riemsdijk. Competitive binding of protons, calcium, cadmium, and zinc to isolated cell walls of a gram-positive soil bacterium. *Environmental science & technology*, 30(6):1902–1910, 1996.
- [31] M Putzu, F Causa, V Nele, I González de Torre, JC Rodríguez-Cabello, and PA Netti. Elastin-like-recombinamers multilayered nanofibrous scaffolds for cardiovascular applications. *Biofabrication*, 8(4):045009, 2016.
- [32] Alicia Diana Burghardt. *Prosopis l.* caracterización electroforética de sus especies. 1992.
- [33] María S Relloso, Jimena Nieves, Santiago Fares Taie, Victoria Farquharson, María T Mujica, Vanesa Romano, Mariela S Zarate, and Jorgelina Smayevsky. Evaluación de la espectrometría de masas: Malditof ms para la identificación rápida y confiable de levaduras. *Revista argentina de microbiología*, 47(2):103–107, 2015.
- [34] U Loi Lao, Alin Chen, Mark R Matsumoto, Ashok Mulchandani, and Wilfred Chen. Cadmium removal from contaminated soil by thermally responsive elastin (elpec20) biopolymers. *Biotechnology and bioengineering*, 98(2):349–355, 2007.
- [35] Harald Günther. *NMR spectroscopy: basic principles, concepts and applications in chemistry*. John Wiley & Sons, 2013.
- [36] José Carlos Rodríguez-Cabello, Francisco Javier Arias, Matilde Alonso Rodrigo, and Alessandra Girotti. Elastin-like polypeptides in drug delivery. *Advanced drug delivery reviews*, 97:85–100, 2016.

- [37] JC Rodríguez Cabello, IG De Torre, F Cipriani, and L Pooza. Elastin-like materials for tissue regeneration and repair. In *Peptides and Proteins as Biomaterials for Tissue Regeneration and Repair*, pages 309–327. Elsevier, 2018.
- [38] Jeevan Prasaad Govindharajulu, Xi Chen, Yuping Li, Jose Carlos Rodriguez-Cabello, Mrinal Battacharya, and Conrado Aparicio. Chitosan-recombinamer layer-by-layer coatings for multifunctional implants. *International journal of molecular sciences*, 18(2):369, 2017.
- [39] J Carlos Rodriguez-Cabello, Arturo Ibáñez Fonseca, Matilde Alonso, Leander Pooza, Filippo Cipriani, and Israel González de Torre. Elastin-like polymers: Properties, synthesis, and applications. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, pages 1–36, 2002.
- [40] Marta Izquierdo Sanchis et al. *Eliminación de metales pesados en aguas mediante bioadsorción. Evaluación de materiales y modelación del proceso*. Universitat de València, 2010.
- [41] I Parte and II Parte. Tema 7. superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea.
- [42] Dannis A Cascaret-Carmenaty, Orlindes Calzado-Lamela, and Rosa M Pérez-Silva. Determinación de la capacidad de adsorción de cromo (vi) por biomasa bacteriana. *Revista Cubana de Química*, 26(3):215–224, 2014.
- [43] GC Sánchez, MA Maine, HR Hadad, SE Caffaratti, MC Pedro, GA Di, and Química Analítica. Tratamiento de efluentes de industrias metalúrgicas utilizando wetlands construidos.
- [44] Ma Del Mar De La Fuente, Adolfo Narros Sierra, Victor Manuel Diaz Lorente, Frutos Pozas Requejo, et al. *Experimentación en química general*. Editorial Paraninfo, 2006.
- [45] Laboratorio de técnicas instrumentales UVA.
- [46] Equipo de espectroscopía de absorción atómica ICP-MS con un sistema de reacción Octopolar HP 7500c de Agilent.
- [47] Equipo de análisis de mercurio, modelo FIMS FIAS 400 de Pekin Elmer.
- [48] Equipo de análisis de mercurio, modelo DMA-800 de Milestone.
- [49] Borja Borja and Mario Santiago. Diseño de una planta de tratamiento para aguas residuales de la ciudad de guaranda. B.S. thesis, 2012.

-
- [50] Etapa terciaria de una planta de tratamiento de agua residual.
<https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/etapas-del-proceso-tratamiento-aguas-residuales>.
- [51] Vam Industry, Queralt Boixader, Cori Yuri Falconi, Joan Lladó, Emylin López, and Patricia López. Planta de producción de acetato de vinilo. 2016.
- [52] David Pérez Sáenz. Trabajo fin de estudios. 2012.
- [53] Valor del metro cúbico medio del agua en España.
<https://www.iagua.es/noticias/espana/ocu/16/09/29/cuanto-cuesta-agua-ciudades-espanolas>.

Anexos

Anexo A

Tablas con los resultados de las muestras analizadas

A.1. Resultados a pH neutro

Elemento	C_o (ppm)	C_{pol}	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,0312	Permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,24	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,0234	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	10	0,0558	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,00258	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,194	No permitido
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,0335	Permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,201	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,00113	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	10	0,0658	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,00232	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,212	No permitido
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,0351	Permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,223	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,012	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	10	0,0623	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,00222	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	10	0,158	No permitido
Cu	1,648(0,824)	50 (25)	13000	10	0,257	Permitido
Cd	1,648(0,824)	50 (25)	13000	10	0,0384	No permitido
Hg	1,648(0,824)	50 (25)	13000	10	0,002	No permitido

Tabla A.1: Tabla con los resultados de las muestras con el polímero HRGD6

Elemento	C_o (ppm)	C_{pol}	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,271	Permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,898	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,018	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	5	0,0726	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,00816	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,101	No permitido
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,463	No permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	1,011	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0604	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	5	0,116	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0174	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,126	No permitido
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,191	No permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,911	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0342	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	5	0,103	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,014	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0572	No permitido
Pb	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,334	No permitido
Cu	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,581	Permitido
Fe	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,00868	Permitido
Zn	0,144(0,072)	20 (10)	13000	5	0,0318	Permitido
Hg	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0056	No permitido
Cd	1,648(0,824)	20 (10)	13000	5	0,0508	No permitido
Pb	1,648(0,824)	50 (25)	13000	5	0,359	No permitido
Hg	1,648(0,824)	50 (25)	13000	5	0,0056	No permitido
Cd	1,648(0,824)	50 (25)	13000	5	0,0552	No permitido
Pb	0,463	50 (25)	13000	5	0,04	Permitido
Hg	0,02	50 (25)	13000	5	0,00097	Permitido
Cd	0,126	50 (25)	13000	5	0,005	Permitido

Tabla A.2: Tabla con los resultados de las muestras con el polímero VOK

A.2. Resultados a pH ácido y básico

Elemento	C_o (ppm)	pH	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	13	13000	10	0,621	No Permitido
Cu	1,648(0,824)	13	13000	10	0,1	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13	13000	10	0,0277	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13	13000	10	0,02253	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13	13000	10	0,221	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13	13000	10	0,0523	No permitido
Pb	1,648(0,824)	3,5	13000	5	1,028	No Permitido
Cu	1,648(0,824)	3,5	13000	5	0,663	Permitido
Fe	1,648(0,824)	3,5	13000	5	0,681	No Permitido
Zn	0,144(0,072)	3,5	13000	5	0,292	Permitido
Hg	1,648(0,824)	3,5	13000	5	0,01	No permitido
Cd	1,648(0,824)	3,5	13000	5	0,85	No permitido

Tabla A.3: Tabla con los resultados de las muestras del polímero HRGD6 a un pH básico y ácido con una concentración del polímero de 20 mg/mL

Elemento	C_o (ppm)	pH	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	13	13000	5	0,804	No Permitido
Cu	1,648(0,824)	13	13000	5	1,549	No Permitido
Fe	1,648(0,824)	13	13000	5	0,99	No Permitido
Zn	0,144(0,072)	13	13000	5	0,119	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13	13000	5	0,423	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13	13000	5	0,532	No permitido
Pb	1,648(0,824)	3,5	13000	3	1,167	No Permitido
Cu	1,648(0,824)	3,5	13000	3	1,386	Permitido
Fe	1,648(0,824)	3,5	13000	3	0,996	No Permitido
Zn	0,144(0,072)	3,5	13000	3	0,394	Permitido
Hg	1,648(0,824)	3,5	13000	3	0,131	No permitido
Cd	1,648(0,824)	3,5	13000	3	0,699	No permitido

Tabla A.4: Tabla con los resultados de las muestras del polímero VOK a un pH básico y ácido con una concentración del polímero de 20 mg/mL

A.3. Resultados con mezcla de metales

Elemento	C_o (ppm)	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	13000	10	0,0449	Permitido
Cu	1,648(0,824)	13000	10	0,125	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13000	10	0,0272	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13000	10	0,0643	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13000	10	0,0105	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13000	10	0,0365	No permitido
Pb	1,648(0,824)	13000	10	0,0622	No Permitido
Cu	1,648(0,824)	13000	10	0,122	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13000	10	0,0525	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13000	10	0,0644	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13000	10	0,0332	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13000	10	0,0456	No permitido

Tabla A.5: Tabla con los resultados de las muestras de mezcla de metales con el polímero HRGD6 a un pH neutro con una concentración del polímero de 20 mg/mL

Elemento	C_o (ppm)	w_{centri}	t_{centri}	C_f (ppm)	Validación
Pb	1,648(0,824)	13000	5	0,0353	Permitido
Cu	1,648(0,824)	13000	5	0,194	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13000	5	0,0144	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13000	5	0,0537	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13000	5	0,00106	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13000	5	0,0024	Permitido
Pb	1,648(0,824)	13000	10	0,0322	Permitido
Cu	1,648(0,824)	13000	10	0,177	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13000	10	0,00865	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13000	10	0,0507	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13000	10	0,00135	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13000	10	0,00313	Permitido
Pb	1,648(0,824)	13000	5	0,0268	Permitido
Cu	1,648(0,824)	13000	5	0,103	Permitido
Fe	1,648(0,824)	13000	5	0,005	Permitido
Zn	0,144(0,072)	13000	5	0,0113	Permitido
Hg	1,648(0,824)	13000	5	0,00144	No permitido
Cd	1,648(0,824)	13000	5	0,005	No permitido

Tabla A.6: Tabla con los resultados de las muestras de mezcla de metales con el polímero VOK a un pH neutro con una concentración del polímero de 20 mg/mL

Anexo B

Hojas de seguridad

En este apéndice se van a mostrar las hojas de seguridad de los elementos y productos utilizados en este trabajo, es decir de todos los metales usados, del agua, ácido sulfúrico y hidróxido de sodio.

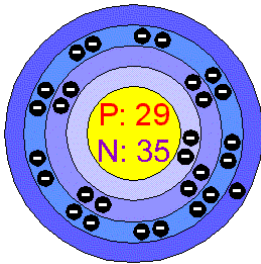


Hoja de seguridad Cobre MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Cobre.
- **Número CAS:** 7440-50-8
- **RTECS:** GL5325000
- **Fórmula química:** Cu
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 63,536 g/mol.
- **Sinónimos:** Cobre, cobre laminado, cobre metálico, cobre elemental.
- **Usos recomendados:** Uso en laboratorios.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:

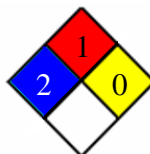
No disponible.

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

No representa mayor peligro en la forma elemental, sus sales son muy tóxicas en especial para la vida acuática.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	2
INFLAMABILIDAD	1
REACTIVIDAD	0
PROTECCIÓN PERSONAL	E

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7440-50-8	Cobre	99.0 %

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** En caso de emergencia buscar atención médica inmediatamente, mantener la víctima en reposo.
- **Contacto ocular:** Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto, si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
- **Contacto dérmico:** Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Enrojecimiento.
- **Contacto dérmico:** Enrojecimiento, dolor.
- **Inhalación:** Tos, dolor de cabeza, jadeo, dolor de garganta.
- **Ingestión:** Dolor abdominal, náuseas y vómitos.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Agua pulverizada, medios de extinción en seco, espuma, dióxido de carbono (CO₂). Si se ha utilizado agua, acumular y separar el agua contaminada para no verterla al alcantarillado general, desagües, cursos de agua o aguas subterráneas.
- **Productos peligrosos por combustión:** Monóxido de carbono y dióxido de carbono.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Absorber con material inerte como arena o tierra. Recoger y depositar en contenedores con cierre hermético, cerrados, limpios, secos y marcados. Lavar con abundante agua el piso.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Almacenar alejado de condiciones y productos incompatibles. Proteger contra el daño físico. Mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto.
- **Condiciones de almacenamiento:** Zona de almacenaje general de reactivos y soluciones químicas. Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, diseñadas para contener productos químicos con seguridad. Lugar fresco a frío, seco y con buena ventilación. Señalización del riesgo.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	0,2 mg/m ³ (humos)
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Aplicación de protección respiratoria sólo en caso de sobrepasarse alguno de los límites permisibles correspondientes. Debe ser específica para el producto.
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo o salpicaduras con lente de policarbonato y visor contra salpicaduras, o protector facial de 20 cm como mínimo.
- **Equipo de protección dérmica:** Usar guantes de características impermeables y que no sean atacados por el producto químico.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido
Color	rojizo
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No aplica

pH	3,5 dilución al 1 %
Punto de fusión	1083°C
Punto de ebullición	2595°C
Punto de inflamación	No disponible
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 1628°C	1 mm Hg
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	8,92
Solubilidad en agua	Insoluble en agua
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en ácido nítrico y en ácido sulfúrico caliente (mediante reacción química)
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No aplica
Temperatura de autoinflamación	No aplica
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No aplica
Viscosidad	No aplica

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Reductor.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones ordinarias de uso y almacenaje. El cobre llega a opacarse cuando es expuesto al aire; en exposición al aire húmedo gradualmente se convierte a carbonato. En larga permanencia, un peróxido altamente explosivo, blanco, puede depositarse
- **Incompatibilidad:** El cobre es incompatible con oxidantes, álcalis, acetileno, cloro más difluoruro de oxígeno, fósforo, ácido nítrico, peróxido de potasio, 1-bromo-2-propine, azufre más cloratos. Reacciona violentamente con nitrato de amonio, bromatos, yodatos, cloratos, óxido de etileno, ácido hidrozóico, óxido de potasio, dimetil sulfóxido mas ácido tricloroacético, peróxido de hidrógeno, peróxido de sodio, azida de sodio, ácido azufreico, sulfuro de hidrógeno más aire, y azida de plomo. Una reacción potencialmente explosiva ocurre con compuestos de acetileno. Cobre enciende en contacto con cloro, flúor (arriba de 121° C), trifluoruro de cloro, y nitrato de hidracina (arriba de 70° C).
- **Productos de polimerización:** No ocurre.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** El cobre no se descompone.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad aguda:** No tóxico en su forma elemental.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.

- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Oral, dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Irritación de órganos.
- **Efectos retardados:** No disponible
- **Efectos crónicos:** El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel.
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	> 1 398 mg/kg (rata)
Dermal (LD-50)	> 2 000 mg/kg (rata)
Inhalativa (LC-50)	> 4,75 mg/L aire, 4 h

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** Manteniendo las condiciones adecuadas de manejo no cabe esperar problemas ecológicos.
- **Persistencia y degradabilidad:** Productos de degradación peligrosos a corto plazo es poco probable. Sin embargo, puede producirse degradación a largo plazo.
- **Potencial de bioacumulación:** No disponible
- **Movilidad en el suelo:** No disponible
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Contener el derrame o fuga. Ventilar el área - Aislar la zona crítica. Utilizar elementos de protección personal. Recoger el producto a través de una alternativa segura. Disponer el producto recogido como residuo químico. Limpiar completamente la zona contaminada. Solicitar ayuda especializada si es necesaria.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** No regulado
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** No disponible
- **Riesgos ambientales:** No se conocen Efectos Adversos sobre el Medio Ambiente.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, nitrato de amonio, bromatos, yodatos, cloratos, óxido de etileno, ácido hidrozóico, óxido de potasio, dimetil sulfóxido mas ácido tricloroacético, peróxido de hidrógeno, peróxido de sodio, azida de sodio, ácido azufreico, sulfuro de hidrógeno y azida de plomo, materiales radiactivos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 20: Nocivo por inhalación y por ingestión.

R 22: Nocivo por ingestión.

R 36: Irrita lo ojos.

R 37: Irrita las vías respiratorias.

R 38: Irrita la piel.

Frases S:

S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 7/8: Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.

S 22: No respirar el polvo.

S 24/25: Evítese el contacto con los ojos y la piel.


S 27/28: Después del contacto con la piel quítese inmediatamente toda la ropa manchada.

S 36/37/39 Úsense indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 24 de julio de 2010.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 1 de junio de 2016.

CADMIO		ICSC: 0020 Abril 2005	
CAS:	7440-43-9	Cd	
RTECS:	EU9800000	Masa atómica: 112.4	
NU:	2570		
CE Índice Anexo I:	048-002-00-0		
CE / EINECS:	231-152-8		
TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable en forma de polvo y combustible espontáneamente en forma pirofórica. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con calor o ácidos.	Arena seca. Polvo especial. NO utilizar otros agentes.
EXPLOSIÓN	Las partículas finamente dispersas forman mezclas explosivas en el aire.	Evitar el depósito del polvo; sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión de polvo.	
EXPOSICIÓN		¡EVITAR LA DISPERSIÓN DEL POLVO! ¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Tos. Dolor de garganta.	Extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel		Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Diarrea. Dolor de cabeza. Náuseas. Vómitos.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Reposo. Proporcionar asistencia médica.
DERRAMES Y FUGAS		ENVASADO Y ETIQUETADO	
¡Evacuar la zona de peligro! Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Eliminar toda fuente de ignición. Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente. Recoger cuidadosamente el residuo, trasladarlo a continuación a un lugar seguro.		Hermético. Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: T+, N R: 45-26-48/23/25-62-63-68-50/53 S: 53-45-60-61 Nota: E Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 6.1	
RESPUESTA DE EMERGENCIA		ALMACENAMIENTO	
		A prueba de incendio. Mantener en lugar seco. Mantener en atmósfera inerte. Separado de focos de ignición, oxidantes ácidos, alimentos y piensos.	
<p>Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2005</p> 			

CADMIO

ICSC: 0020

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO

Grumos blandos entre azules y blancos o polvo gris. Maleable. Se vuelve quebradizo por exposición a 80°C y pierde el brillo en ambientes húmedos.

PELIGROS FÍSICOS

Es posible la explosión del polvo si se encuentra mezclado con el aire en forma pulverulenta o granular.

PELIGROS QUÍMICOS

Reacciona con ácidos, formando gas combustible (hidrógeno-ver FISQ:0001). El polvo reacciona con oxidantes, azida de hidrógeno, cinc, selenio y telurio, causando peligro de incendio y explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: (Polvo total) 0.01 mg/m³; (Fracción respirable) 0.002 mg/m³; como TWA; A2 (sospechoso de ser cancerígeno humano);

BEI establecido;

(ACGIH 2005).

MAK: H (absorción dérmica) Cancerígeno: categoría 1; Mutágeno: categoría 3A (DFG 2004).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

La sustancia se puede absorber por inhalación del aerosol y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN

Puede alcanzarse rápidamente una concentración nociva de partículas suspendidas en el aire cuando se dispersa, especialmente si está en forma de polvo.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

El humo irrita el tracto respiratorio. La inhalación del humo puede originar edema pulmonar (ver Notas). La inhalación del humo puede originar fiebre de los humos metálicos. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Se recomienda vigilancia médica.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA

Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida a las partículas de polvo. La sustancia puede afectar al riñón, dando lugar a alteración renal. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 765°C

Punto de fusión: 321°C

Densidad: 8.6 g/cm³

Solubilidad en agua: ninguna

Temperatura de autoignición: (polvo de cadmio metálico) 250°C

DATOS AMBIENTALES

NOTAS

Reacciona violentamente con agentes extintores de incendio tales como agua, espuma, dióxido de carbono y halones. Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. Los síntomas del edema pulmonar no se ponen de manifiesto, a menudo, hasta pasadas algunas horas y se agravan por el esfuerzo físico. Reposo y vigilancia médica son, por ello, imprescindibles. NO llevar a casa la ropa de trabajo. El cadmio también existe en forma pirofórica (nº EC 048-011-00-X), en el etiquetado de la UE lleva adicionalmente el símbolo F, frase R17 y frases S7/8 y S43. Los números y grupos de envasado NU varían en función de la forma en que se encuentra la sustancia.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2017):

VLA-ED: (como Cadmio estabilizado) 0,01 mg/m³ (Fracción inhalable); 0,002 mg/m³ (Fracción respirable).

C1B (Sustancia carcinogénica de categoría 1B).

Notas: Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH; véase UNE EN 481: "Atmósferas en los puestos de trabajo. Definición de las fracciones por el tamaño de las partículas para la medición de aerosoles".

VLB: 2 µg/g creatinina en orina; 5 µg/L en sangre. Nota F

NOTA LEGAL

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

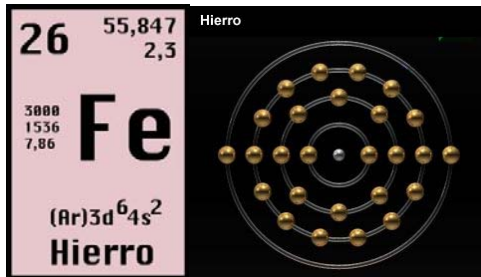


Hoja de seguridad Hierro MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Hierro.
- **Número CAS:** 7439-89-6.
- **RTECS:** NO4565500
- **Fórmula química:** Fe.
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 55,8245g/mol
- **Sinónimos:** No aplica.
- **Usos recomendados:** Formar los productos siderúrgicos, y análisis químicos.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Sólido Inflamable

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Este producto puede generar irritación y quemaduras por contacto en el hombre y otros organismos.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	1
INFLAMABILIDAD	2
REACTIVIDAD	1

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.

- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7439-89-6	Hierro	99.0 %

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia no peligrosa para la salud.
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separe los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Beber agua abundante. Provocar el vómito. En caso de malestar, pedir atención médica.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Irritaciones
- **Contacto dérmico:** No afecta
- **Inhalación:** Puede causar irritación al tracto respiratorio. Síntomas pueden incluir tos y respiración acortada.
- **Ingestión:** Náuseas, vómitos, diarreas.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** Exposición al hierro por inhalación a largo plazo, ha resultado en manchado de los pulmones, una condición referida como siderosis. Esta es considerada una neumoconiosis benigna y no es ordinariamente causa significativa de deterioro fisiológico. Ingestión de más de 50 a 100 mg de hierro por día puede resultar en deposición patológica de hierro en los tejidos del cuerpo. Repetida ingestión de hierro puede producir toxicidad cardiaca.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Use grafito en polvo, sal en polvo, o piedra de cal en polvo. No use agua, dióxido de carbono, o polvo químico seco.
- **Productos peligrosos por combustión:** Puede producir humos de óxido de hierro tóxicos cuando es calentado hasta descomposición.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Trabajar en zona fresca y bien ventilada. Observar las medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. Usar equipo de protección personal. Eliminar toda fuente de ignición.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Contener el derrame o fuga. Ventilar el área. Aislar la zona crítica. Utilizar elementos de protección personal. Contar con algún medio de extinción de incendios. Recoger el producto a través de una alternativa segura. Disponer el producto recogido como residuo químico. Limpiar completamente la zona contaminada. Solicitar ayuda especializada si es necesaria

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Mantener seco. Evitar la creación de polvo. Si la recuperación no es posible, disponer a un gestor de residuos debidamente autorizados.
- **Condiciones de almacenamiento:** Zona de almacenaje general de reactivos y soluciones químicas. Almacenamiento en bodegas y/o cabinas, diseñadas para contener productos químicos con seguridad. Lugar fresco a frío, seco y con buena ventilación.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	10 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Usar mascarilla en atmósfera de polvo.
- **Equipo de protección ocular:** Usar gafas de protección cerradas o pantalla de protección
- Equipo de protección dérmica:** Guantes: vitón, caucho butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos). Delantal revestido de vinilo o caucho, traje en Tivek. Teflón, saranex, responder (para 8 horas), chemrel (para 4 horas). Botas: Caucho de butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos).

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido metálico
Color	Gris plateado.
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No disponible
pH	4,5 – 5,5
Punto de fusión	1535 °C
Punto de ebullición	2750 °C
Punto de inflamación	430 °C

Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 20°C	<1 mm Hg
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	7,874
Solubilidad en agua	Insoluble en agua
Solubilidad en otros disolventes	No disponible
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No disponible
Temperatura de autoinflamación	No disponible
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	No aplica

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Reductor.
- **Estabilidad:** Estable en aire seco pero rápidamente oxida en aire húmedo formando herrumbre. Formas polvo ultra fino (ca. 5 micrones) son muy inestables y pueden encender espontáneamente en el aire.
- **Incompatibilidad:** Oxidantes fuertes, agua (incluyendo atmósferas húmedas), ácidos, peróxido de hidrógeno, dióxido de nitrógeno. Sólido o hierro en polvo enciende o explota en contacto con acetaldehído, peroxodisulfato de amonio, cloroformamidino, ácido clórico, nitrato de amonio, halógenos, tetraóxido de dinitrógeno, fluoruro de nitrilo, poliestireno, acetilido de sodio, dicromato de potasio, ácido peroxifórmico, y fluoruro de nitrilo. Alambre de hierro caliente se quema en presencia de cloro gas. Trifluoruro de cloro reacciona con hierro con incandescencia.
- **Productos de polimerización:** No ocurre.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** Puede producir humos de óxido de hierro tóxicos cuando es calentado hasta descomposición.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** Compuesto poco contaminante del agua
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal y respiratoria.

- **Efectos inmediatos:** Irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** Manchado de los pulmones, una condición referida como siderosis
- **Efectos crónicos por exposición única:** Manchado de los pulmones, una condición referida como siderosis
- **Efectos crónicos por exposición repetida:** Manchado de los pulmones, una condición referida como siderosis
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	30 g/kg (rata)
Dermal (LD-50)	No disponible
Inhalativa (LC-50)	No disponible

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** No disponible
- **Persistencia y degradabilidad:** Este compuesto es fácilmente transformado, usándose para la producción de otras sustancias requeridas para el funcionamiento corporal.
- **Potencial de bioacumulación:** No disponible
- **Movilidad en el suelo:** No disponible
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

En cada caso, procede contactar con la autoridad competente, o bien con los gestores legalmente autorizados para la eliminación de residuos.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 3089
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Etiqueta roja con blanco con la leyenda de solido inflamable.
- **Riesgos ambientales:** el producto podría generar irritación y quemaduras a los organismos con los que entre en contacto.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, oxidantes fuertes, agua (incluyendo atmósferas húmedas), ácidos, peróxido de hidrógeno, dióxido de nitrógeno, acetaldehído, peroxodisulfato de amonio, cloroformamidino, ácido clórico, nitrato de amonio, halógenos, tetraóxido de dinitrógeno, fluoruro de nitrilo, poliestireno, acetilido de sodio, dicromato de potasio, ácido peroxifórmico, y fluoruro de nitrilomateriales radiactivos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R11-Fácilmente inflamable.

Frases S:

S16-Conservar alejado de fuentes de ignición.

S22-No respirar el polvo

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Rodrigo Muñoz Arrieta y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 24 de julio de 2011.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 25 de junio de 2013.

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.



Hoja de seguridad Mercurio MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Mercurio.
- **Número CAS:** 7439-97-6.
- **RTECS:** OV4550000.
- **Fórmula química:** Hg.
- **Estructura química:** Hg (romboedro).
- **Masa molar:** 200,59 g/mol.
- **Sinónimos:** Mercurio coloidal; mercurio metálico, plata líquida.
- **Usos recomendados:** Su uso más antiguo fue en alquimia para ser ingerido, en confección de espejos. Se utiliza también en instrumentos de medición principalmente termómetros y tensiómetros, enchufes, rectificadores eléctricos, interruptores, lámparas fluorescentes y como catalizador.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



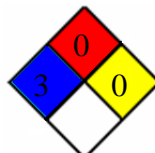
Corrosivo

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

¡Peligro! Corrosivo. Dañino si es inhalado. Puede ser absorbido por la piel intacta. Causa irritación. Las sales de mercurio son neutóxicas.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	0

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de fuentes de calor.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7439-97-6	Mercurio	100

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia muy nociva para la salud, en caso de emergencia buscar atención médica.
- **Contacto ocular:** Lavar los ojos con abundante agua durante al menos 15 minutos, levantando los párpados superior e inferior. Acudir a un médico.
- **Contacto dérmico:** Lavar con abundante agua durante al menos 15 minutos mientras se quita la ropa y el calzado contaminados. Dé atención médica si la irritación persiste. Lave la ropa antes de usarla.
- **Inhalación:** De atención médica inmediatamente. Remueva de la exposición y mueva al aire fresco inmediatamente. Si no está respirando, dar respiración artificial. Si la respiración es dificultosa, dar oxígeno.
- **Ingestión:** Nunca debe administrarse nada por la boca a una persona inconsciente. Acudir a un médico. NO provocar el vómito. Si está consciente y alerta, enjuague la boca y beba 2-4 tazas de leche o agua.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Muy peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante).
- **Contacto dérmico:** Enrojecimiento, irritación, permeabilizador, corrosivo.
- **Inhalación:** Puede producir una severa irritación de las vías respiratorias, caracterizada por tos, asfixia o dificultad para respirar.
- **Ingestión:** La ingestión de grandes cantidades puede causar irritación gastrointestinal.

Atención médica

- **Tratamiento:** Puede ser necesaria la aplicación de quelatantes.
- **Efectos retardados:** No disponible.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** La sustancia no es inflamable, utilizar el agente más apropiado para extinguir el fuego circundante. Usar agua pulverizada, polvo químico seco, dióxido de carbono, o espuma apropiada.
- **Productos peligrosos por combustión:** Vaporización del mercurio.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** En el caso de fuego, vestir protectores completos y aprobados por NIOSH, respirador autónomo con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro, demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Derrames pequeños: Absorber con un material inerte y poner el producto esparcido en un recipiente apropiado para desechos. Derrames grandes: Líquido corrosivo. Líquido venenoso. Detener la fuga si no hay riesgo. Absorber con tierra, arena u otro material no combustible. No introducir agua en los contenedores. No toque el material derramado. Use cortina de agua para alejar el vapor. Usar agua pulverizada para reducir los vapores. Impedir la entrada en alcantarillas, sótanos o áreas cerradas; si es necesario. Pedir ayuda para la eliminación. Ser cuidado de que el producto no está presente en una concentración por encima de TLV. Compruebe TLV en el MSDS y con las autoridades locales.

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Debe estar debidamente etiquetado, la cual debe contener nombre del material, identificación de transporte (DOT) y color de almacenaje, junto con indicaciones de primeros auxilios. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto.
- **Condiciones de almacenamiento:** Almacenar en un recipiente herméticamente cerrado. Conservar en un lugar fresco, seco y bien ventilado, alejado de sustancias incompatibles. Almacenar protegido de la humedad. Mantener bajo llave. Mantenga el recipiente seco. No se ingiera. No respirar los gases / humos / vapores / aerosoles. Nunca agregue agua a este producto. En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado. Si se ingiere, consultar inmediatamente al médico y el envase o la etiqueta. Evite el contacto con la piel y los ojos. Mantener alejado de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes, metales, Mantenga el recipiente bien cerrado. Mantenga el recipiente en un lugar fresco y bien ventilado. No almacenar por encima de 25 °C.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	0,05 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Un sistema de extracción local y/o general es recomendado para las exposiciones de los empleados por debajo de los Límites de Exposición Aérea. Extracción local es generalmente preferida porque esta puede controlar las emisiones de los contaminantes desde su fuente, impidiendo dispersión del mismo al lugar general de trabajo.
- **Equipo de protección respiratoria:** Si el límite de exposición es excedido y controles de ingeniería no son factibles, un respirador de pieza facial media de partículas (NIOSH tipo N95 o mejores filtros) deberá ser usado durante un máximo de diez veces el límite de exposición o la concentración máxima de uso especificada por la agencia regulatoria apropiada o un respirador proveedor, lo que es el más bajo. Una máscara completa de partículas (NIOSH filtros tipo N100) se pueden usar hasta 50 veces el límite de exposición, o la concentración máxima de uso especificada por la agencia

regulatoria apropiada o proveedor del respirador, lo que es el más bajo.

- **Equipo de protección ocular:** Utilice gafas de seguridad química y / o careta completa donde polvo o salpicaduras de soluciones sean posibles. Mantenga lava ojos y regaderas de emergencia en el área de trabajo.
- **Equipo de protección dérmica:** Use guantes protectores y ropa limpia que cubra el cuerpo o de usar productos del tabaco.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Líquido
Color	Plateado
Olor	Inodoro
Umbral olfativo	No aplica
pH	No disponible
Punto de fusión	-38.87 ° C
Punto de ebullición	356,73 ° C
Punto de inflamación	No aplica
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No aplica
Presión de vapor a 234 °K	0,0002 Pa
Densidad relativa de vapor (aire=1)	6,93
Densidad relativa (agua=1)	13,55
Solubilidad en agua	Muy poco soluble en agua fría
Solubilidad en otros disolventes	No disponible
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No disponible
Temperatura de autoinflamación	No disponible
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	1.554 cp a 25 ° C

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Sustancia poco reactiva.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Metales, aluminio, amoníaco, cloratos, cobre, aleaciones de cobre, óxido de etileno, halógenos, hierro, nitratos, azufre, ácido sulfúrico, oxígeno, acetileno, litio, rubidio, sodio carburo, el plomo, el nitrometano, el ácido peroxifórmico, calcio, dióxido de cloro, óxidos metálicos, azidas, 3-bromopropino, alquinos con perclorato de plata y metilsilano con oxígeno.
- **Productos de polimerización:** No ocurrirá.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** El producto no se descompone pero el calentamiento libera vapores de mercurio u óxidos del mismo.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad aguda:** No disponible.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No disponible.
- **Carcinogenicidad:** Clasificado A5 (No se sospecha para los humanos) por ACGIH. 3 (No clasificable para los humanos) por la IARC
- **Toxicidad para la reproducción:** Causa efectos adversos en la reproducción (efectos paterno-espermatogénesis, efectos sobre la fertilidad - toxicidad para el feto, después de la implantación mortalidad), y defectos de nacimiento, Inhalación, rata: TCLo = 890 ng/m³/24 h (varón de 16 semana (s) antes de apareamiento) Efectos sobre - espermatogénesis (incl. material genético, morfología de los espermatozoides, la motilidad y el recuento), por inhalación, rata: TCLo = 7440 ng/m³/24 h (varón de 16 semana (s) antes de apareamiento) Fertilidad - después de la implantación de mortalidad. (Por ejemplo, los implantes de muertos y / o reabsorbido por el número total de implantes).
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** La sangre, riñones, hígado, cerebro, sistema nervioso periférico, sistema nervioso central.
- **Peligro por aspiración:** No disponible.
- **Posibles vías de exposición:** dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** No disponible
- **Efectos crónicos:** Una severa sobreexposición puede causar la muerte. La inflamación de los ojos está caracterizada por enrojecimiento, lagrimeo y picor. Inflamación de la piel se caracteriza por la comezón, escamadura, enrojecimiento o aparición ocasional de ampollas.

Oral (LD-50)	No disponible
---------------------	---------------

Dermal (LD-50)	No disponible
-----------------------	---------------

Inhalativa (LC-50)	No disponible
---------------------------	---------------

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** El producto puede presentar peligro significativo para el medio ambiente. Este material se espera que sea tóxico para la vida acuática. Los valores de LC₅₀ 96 horas para los peces son menos de 1 mg/L.
- **DBO₅:** No es de esperar que esta sustancia genere DBO₅.
- **Persistencia y degradabilidad:** Esta sustancia no se degrada dado que es un elemento, pero puede formar compuestos dependiendo de los microorganismos presentes en el ambiente, generando metilo de mercurio, fenilo de mercurio u otros, que son altamente tóxicos.
- **Potencial de bioacumulación:** Este material tiene un factor de bioconcentración determinado experimentalmente (BCF) de más de 100. Este material se espera que se bioacumule significativamente.
- **Movilidad:** No disponible.
- **Otros efectos adversos:** No disponible.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en una instalación de eliminación de residuos adecuadas y aprobadas. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Eliminar de acuerdo a la normativa vigente.

Sección 14. Información relativa al transporte

- N° ONU: 2809.
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Grupo de embalaje: III, Clase 8: Materiales corrosivos.
- **Riesgos ambientales:** Muy contaminante para el ambiente y los seres vivos.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, materiales radiactivos, ni alimentos, no sustancias incompatibles.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 23: Tóxico por inhalación.

R 33: Peligro de efectos acumulativos.

R 38: Irrita los ojos.

R 41: Riesgo de lesiones oculares graves.

R 50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio acuático.

Frases S:

S 2: Manténgase fuera del alcance de los niños.

S 7: Manténgase el recipiente bien cerrado.

S 26: En caso de contacto con los ojos, lávelos inmediatamente con abundante agua y consultar al médico.

S 39: protección para los ojos / la cara.

S 45: En caso de accidente o malestar, acuda al médico inmediatamente (mostrar la etiqueta si es posible).

S 46: En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrela la etiqueta.

S 60: Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S 61: Evítese su liberación al medio ambiente.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Massiel Rodríguez Salazar y

revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 15 de agosto de 2011

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 10 de julio de 2013.

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.

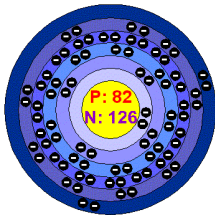


Hoja de seguridad Plomo MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Plomo.
- **Número CAS:** 7439-92-1.
- **RTECS:** OF7525000
- **Fórmula química:** Pb.
- **Estructura química:**



- **Masa molar:** 207,98 g/mol.
- **Sinónimos:** Plomo granular, metal pigmento.
- **Usos recomendados:** En baterías, pigmentos, aleaciones, cerámica, plásticos, municiones, soldaduras, cubiertas de cables, plumadas y armamento.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Veneno



Peligroso para el ambiente

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Este producto es tóxico para el hombre y otros organismos.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	3
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	1

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes**Composición**

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7439-92-1	Plomo	99%

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia peligrosa para la salud. Busque atención médica si entra en contacto con la sustancia.
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener a la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Induzca el vómito inmediatamente como lo indique el personal médico. Nunca de nada por la boca a una persona inconsciente. De atención médica.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Puede ocurrir la absorción a través de los tejidos de los ojos pero el riesgo más común es la irritación local o abrasión.
- **Contacto dérmico:** El Plomo puede ser absorbido a través de la piel en exposición prolongada. Contacto en periodos cortos pueden causar irritación local, enrojecimiento y dolor.
- **Inhalación:** El plomo puede ser absorbido a través del sistema respiratorio generando irritación local de bronquios y pulmones; en caso de exposición aguda, pueden aparecer síntomas tales como sabor metálico, dolor de pecho y abdominal.
- **Ingestión:** VENENO. Los síntomas de envenenamiento por plomo incluyen dolor abdominal y espasmos, náusea, vómito, dolor de cabeza. Envenenamiento agudo puede conducir a debilidad muscular, "línea de plomo" en las encías, sabor metálico, pérdida definida de apetito, insomnio, vértigo, altos niveles de plomo en la sangre y orina, shock, coma y muerte en casos extremos.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** El plomo es un veneno acumulativo y exposiciones pequeñas cantidades pueden aumentar los niveles tóxicos de contenido en la sangre. Los síntomas de la exposición crónica son como aquellos de envenenamiento por ingestión; inquietud, irritabilidad, disturbios visuales, hipertensión y color facial gris puede también ser notado. Investigado como tumorigeno, mutágeno, causante reproductivo.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Use cualquier medio disponible para extinguir el fuego circundante. No permita que el agua escurra hacia los desagües.
- **Productos peligrosos por combustión:** No descompone pero puede formar humos de óxido de plomo o plomo tóxicos pueden formarse a altas temperaturas.
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro (entre 50 y 100 metros en todas las direcciones), demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Trabajar en zona fresca y bien ventilada: puede ser necesaria ventilación artificial. Observar las medidas de protección adecuadas para el manejo de productos químicos. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas.
- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminarlo y trasladarlo a una respectiva zona para su encapsulación. Luego lave el área con agua abundante. (Protección personal adicional: respirador de filtro P1 para partículas inertes).

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Mantener seco. Llevar equipo de protección personal y transferir el material al contenedor de recuperación debidamente homologado. Si la recuperación no es posible, disponer a un gestor de residuos debidamente autorizados.
- **Condiciones de almacenamiento:** Recipientes bien cerrados. Ambiente seco.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	0,15 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** En caso de formarse polvo, usar equipo respiratorio adecuado. Filtro P.
- **Equipo de protección ocular:** Visor acetato o mono gafas, en combinación con la protección

respiratoria. Cubrirse la cara contra una posible salpicadura. Mantener visible una ducha de emergencia y que sea de fácil acceso al área de trabajo.

Equipo de protección dérmica: Guantes: vitón, caucho butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos). No recomendados: Caucho natural, PVC, PVA. Delantal revestido de vinilo o caucho, traje en Tivek. Teflón, saranex, responder (para 8 horas), chemrel (para 4 horas). Botas: Caucho de butilo (para 8 horas), caucho de nitrilo (para 4 horas), neopreno (períodos cortos).

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido, Gránulos o trocitos metálicos pequeños
Color	blanco a gris azulado
Olor	Inodoro
Umbral olfativo	Inodoro
pH	No disponible
Punto de fusión	327,5° C
Punto de ebullición	1740 °C
Punto de inflamación	No disponible
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 20°C	1,77
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No disponible
Densidad relativa (agua=1)	11.34
Solubilidad en agua	Insoluble en agua, puede solubilizarse mediante reacción química con ácido
Solubilidad en otros disolventes	No disponible
Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No disponible
Temperatura de autoinflamación	No disponible
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No disponible
Viscosidad	No disponible

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Corrosivo.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Nitrato de amonio, trifluoruro de cloro, peróxido de hidrógeno, azida de sodio, zirconio, disodium acetiluro, acetiluro de sodio y oxidantes.
- **Productos de polimerización:** No ocurre.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** Humos de óxido de plomo o plomo tóxicos pueden formarse a altas temperaturas.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua: compuesto** Contaminante del agua
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** Investigado como mutágeno.
- **Carcinogenicidad:** Investigado como tumorígeno.
- **Toxicidad para la reproducción:** Sí.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal y oral
- **Efectos inmediatos:** Irritación y corrosión de órganos.
- **Efectos retardados:** Niveles tóxicos de plomo en la sangre
- **Efectos crónicos por exposición única:** El plomo es un veneno acumulativo y exposiciones a pequeñas cantidades puede aumentar los niveles tóxicos de contenido en la sangre. Los síntomas de la exposición crónica son como aquellos de envenenamiento por ingestión; inquietud, irritabilidad, disturbios visuales, hipertensión y color facial gris puede también ser notado.
- **Efectos crónicos por exposición repetida:** Niveles tóxicos de plomo en la sangre
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	15mg /kg (rata)
Dermal (LD-50)	No disponible
Inhalativa (LC-50)	0,01 mg/m ³ (hombre)

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:** Test EC₅₀ (mg/l):
Bacterias (Ps. putida) (Pb) = 1,4 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Algas (Sc. quadricauda) (Pb) = 3,7 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Algas (M. aeruginosa) (Pb) = 0,45 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Protozoos (E. sulcatum) (Pb) = 0,02 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Protozoos (U. parduczi) (Pb) = 0,07 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Crustáceos (Daphnia Magna) (Pb) = 2,5 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Peces (Salmo gairdneri) (Pb) = 0,14 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Peces (Leuciscus Idus) (Pb) = 546 mg/l; Clasificación: Altamente tóxico.
Medio receptor :
Riesgo para el medio acuático = Alto
Riesgo para el medio terrestre = Medio
- **Persistencia y degradabilidad:** No degradable.
- **Potencial de bioacumulación:** Cuando es liberado en el suelo, este material no se espera que lixivie hacia el agua subterránea. Este material puede bioacumularse en algún grado.
- **Movilidad en el suelo:** Poca movilidad en agua.
- **Otros efectos adversos:** No disponible.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no puede ser salvado para recuperación o reciclaje debe ser manejado como desecho peligroso y enviado a una instalación de residuos aprobado por RCRA. El procesamiento, uso o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Estado y las regulaciones locales de eliminación puede diferir de las regulaciones federales de desecho. Deseche según normativa vigente.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 3077
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Clase: 9,1 Grupo de embalaje: III con la leyenda de peligroso para el ambiente, así mismo etiqueta blanca con la leyenda de toxico.
- **Riesgos ambientales:** Sustancia sólida potencialmente peligrosas para el medio ambiente.
- **Precauciones especiales:** No transporte con sustancias explosivas, Nitrato de amonio, trifluoruro de cloro, peróxido de hidrógeno, azida de sodio, zirconio, disodium acetiluro, acetiluro de sodio y oxidantes materiales radiactivos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Las sustancias químicas y sus mezclas están reguladas por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 20/22: Nocivo por inhalación y por ingestión.

R 33: Peligro de efectos acumulativos.

R 61: Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.

R 62: Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.

R 50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S:

S 53: Evítese la exposición-recábense instrucciones especiales antes del uso.

S 45: En caso de accidente o malestar, acuda inmediatamente al médico (si es posible, muéstrela la etiqueta).

S 60: Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos.

S 61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros

materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Massiel Rodríguez Salazar y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 23 de julio de 2010.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 16 de julio del 2013.

Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.



Hoja de seguridad Zinc MSDS



Sección 1. Identificación del producto

- **Nombre de la sustancia:** Zinc.
- **Número CAS:** 7440-66-6.
- **RTECS:** No disponible.
- **Fórmula química:** Zn.
- **Estructura química:** Zn
- **Masa molar:** 65,39 g/mol.
- **Sinónimos:** Hojas de metal de zinc.
- **Usos recomendados:** Industria agropecuaria: Fertilizante; Aplicaciones industriales: Manufactura de especialidades de fertilizantes.
- **Número de atención de emergencias:** TRANSMEDIC 2280-0999 / 2245-3757 (TM 203 503 Campus Omar Dengo, TM 203 504 Campus Benjamín Núñez) 911 Servicio de emergencia, 2261-2198 Bomberos de Heredia.

Sección 2. Identificación del peligro o peligros

Descripción de peligros:



Reacciona con el agua liberando gases inflamables.

Información pertinente a los peligros para el hombre y el ambiente:

Esta sustancia no representa mayor peligro. Sin embargo, sus sales pueden ser peligrosas ya que el zinc es un metal pesado.

Sistemas de clasificación:

-NFPA(escala 0-4):



-HMIS(escala 0-4):

SALUD	2
INFLAMABILIDAD	0
REACTIVIDAD	0

Consejos de prudencia:

- Utilice el equipo de protección indicado para resguardar sus vías respiratorias y la piel.
- Alejar de llamas y fuentes de ignición.

Sección 3. Composición/información sobre los constituyentes

Composición

Número CAS	Componentes peligrosos	% m/m
7647-01-0	Zinc	99.8 %

Sección 4. Primeros auxilios

- **Información general:** Sustancia no peligrosa para la salud. Tratar los síntomas sistemáticamente.
- **Contacto ocular:** Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Contacto dérmico:** Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado.
- **Inhalación:** Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Evitar la reanimación boca a boca. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
- **Ingestión:** Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Mantener la víctima abrigada y en reposo.

Efectos por exposición

- **Contacto ocular:** Puede generar irritación, ardor, lagrimeo.
- **Contacto dérmico:** Irritación en la piel.
- **Inhalación:** La inhalación puede provocar irritación del tracto respiratorio, caracterizada por tos, ardor.
- **Ingestión:** Náuseas, vómitos, fiebre, trastornos musculares, alteraciones de la circulación, malestares abdominales.

Atención médica

- **Tratamiento:** No disponible.
- **Efectos retardados:** Irritación gastrointestinal o paro respiratorio.
- **Antídotos conocidos:** No disponible.

Sección 5. Medidas de lucha contra incendios

- **Agentes extintores:** Polvo seco especial para metales. Cubrir con tierra o arena secas
- **Productos peligrosos por combustión:** Produce gases tóxicos al reaccionar con agua
- **Equipo de protección para combatir fuego:** Aparato de respiración autónomo con mascarilla facial completa y traje protector completo.

Sección 6. Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental

- **Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia:** Evacuar o aislar el área de peligro (entre 50 y 100 metros en todas las direcciones), demarcar las zonas. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición.
- **Precauciones relativas al medio ambiente:** No permitir que caiga en fuentes de agua y

alcantarillas.

- **Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:** Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente, eliminar el residuo con agua abundante, Barrer con cuidado para evitar la formación de polvo. (Protección personal adicional: respirador de filtro P1 contra partículas inertes)

Sección 7. Manipulación y almacenamiento

- **Manipulación de recipientes:** Sin indicaciones particulares. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, beber, ni comer en el sitio de trabajo. Lavarse las manos después de usar el producto. Quitarse la ropa y el equipo protector contaminados antes de entrar en los comedores
- **Condiciones de almacenamiento:** Recipientes bien cerrados. Ambiente seco. Alejado de fuentes de ignición y calor.

Sección 8. Controles de exposición/ protección personal

Parámetros de control (valores límite que requieren monitoreo)

TWA	10 mg/m ³
STEL	No disponible

- **Condiciones de ventilación:** Ventilación local y general.
- **Equipo de protección respiratoria:** Equipo de respiración autónomo (SCBA).
- **Equipo de protección ocular:** Gafas de seguridad para químicos a prueba de polvo.
- **Equipo de protección dérmica:** Guantes de material plástico. Utilizar ropa de trabajo adecuada que evite el contacto del producto

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido granulado
Color	Sin color
Olor	inodoro
Umbral olfativo	No disponible
pH	No disponible
Punto de fusión	420 °C
Punto de ebullición	908 °C
Punto de inflamación	No disponible
Tasa de evaporación	No disponible
Límites de explosión	No disponible
Presión de vapor a 20°C	No disponible
Densidad relativa de vapor (aire=1)	No aplica
Densidad relativa (agua=1)	7,14
Solubilidad en agua	Poco soluble en agua.
Solubilidad en otros disolventes	Soluble en ácidos y soluciones de sal amoniaco.

Coefficiente de reparto n-octanol/agua (Log pow)	No aplica
Temperatura de autoinflamación	No disponible
Temperatura de descomposición	No disponible
Peligro de explosión	No aplica
Viscosidad	No aplica

Sección 10. Estabilidad y reactividad

- **Reactividad:** Altamente reactivo con ácidos y bases.
- **Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales.
- **Incompatibilidad:** Acidos. Agua. Aire. Azidas. Azufre. Benceno y derivados. Carbono disulfuro. Cloratos. Compuestos amoniacales. Halógenos. Halogenuros de halógeno. Hidracina y derivados. Hidrocarburos halogenados. Hidróxidos alcalinos. Hidroxilamina. Metales. Oxidos alcalinos
- **Productos de polimerización:** No ocurre.
- **Productos peligrosos de la descomposición:** Óxidos de zinc.

Sección 11. Información toxicológica

- **Toxicidad agua:** No presenta riesgos adversos. Generalmente no tóxico.
- **Corrosión/irritación cutáneas:** Sí.
- **Lesiones oculares graves/irritación ocular:** Sí.
- **Sensibilización respiratoria o cutánea:** Sí.
- **Mutagenicidad en células germinales:** No.
- **Carcinogenicidad:** No.
- **Toxicidad para la reproducción:** No.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana-Exposición única:** No disponible.
- **Toxicidad sistémica específica de órganos diana-Exposición repetida:** No disponible.
- **Peligro por aspiración:** Sí.
- **Posibles vías de exposición:** Dermal y respiratoria.
- **Efectos inmediatos:** Irritación.
- **Efectos retardados:** irritación gastro intestinal o paro respiratorio.
- **Efectos crónicos por exposición única:** Irritación gastro intestinal o paro respiratorio.
- **Efectos crónicos por exposición repetida:** No disponible.
- **LD/LC50:**

Oral (LD-50)	1710 mg/kg (rata)
---------------------	-------------------

Dermal (LD-50)	No disponible
-----------------------	---------------

Inhalativa (LC-50)	No disponible
---------------------------	---------------

Sección 12. Información ecotoxicológica

- **Toxicidad Acuática:**
Test EC₅₀ (mg/l):
Peces = > 0,1 mg/l; Clasificación: Extremadamente tóxico.
Medio receptor:
Riesgo para el medio acuático = Medio
Riesgo para el medio terrestre = Medio
Observaciones:
El producto reacciona con el agua. Tras reacción, efecto tóxico sobre organismos acuáticos
- **Persistencia y degradabilidad:** Este compuesto es fácilmente transformado, usándose para la producción de otras sustancias requeridas para el funcionamiento corporal.
- **Potencial de bioacumulación:** Bioacumulable
- **Movilidad en el suelo:** Poca movilidad en agua.
- **Otros efectos adversos:** No presenta evidencias de carcinogenicidad, mutagenicidad y teratogenicidad según experimentos con animales.

Sección 13. Información relativa a la eliminación de los productos

Lo que no se pueda conservar para recuperación o reciclaje debe ser manejado en una instalación de eliminación de residuos adecuadas y aprobadas. El procesamiento, utilización o contaminación de este producto puede cambiar las opciones de gestión de residuos. Eliminar de acuerdo a la normativa vigente.

Sección 14. Información relativa al transporte

- **N° ONU:** 1436
- **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Reacciona con el agua liberando gases inflamables. Clasificación 4.
- **Riesgos ambientales:** El producto podría generar irritación y quemaduras a los organismos con los que entre en contacto.
Precauciones especiales: No transporte con sustancias explosivas, Ácidos. Agua. Aire. Azidas. Azufre. Benceno y derivados. Carbono disulfuro. Cloratos, ni alimentos.

Sección 15. Información sobre la reglamentación

Los desechos de los productos químicos están regulados por el Reglamento sobre las características y el listado de los desechos peligrosos industriales (Decreto N°27000-MINAE), el Reglamento para el Manejo de los Desechos Peligrosos Industriales (Decreto N° 27001-MINAE), y el transporte de los mismos está regulado por el Reglamento de transporte terrestre de productos peligrosos (Decreto 27008-MINAE).

Sección 16. Otras informaciones

Frases R:

R 10: Inflamable.

R 15: Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.

R 50/53 Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

Frases S:

S 43: En caso de incendio, utilizar arena.

S 46: No usar nunca agua.

S 60: En caso de ingestión, acuda inmediatamente al médico y muéstrele la etiqueta o el envase.

S 61: Elimínense el producto y su recipiente como residuos peligrosos. Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad.

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales.

La información de esta Hoja de Seguridad está basada en los conocimientos actuales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

La información presentada en esta ficha de seguridad fue compilada por Massiel Rodríguez Salazar y revisada por José Ángel Rodríguez Corrales como parte del Proyecto de Gestión de Reactivos y Desechos Químicos en los Laboratorios de docencia de la Escuela de Química.

Fecha de preparación de la hoja de seguridad: 24 de julio de 2011.

Versión: 1.1

Modificaciones respecto a versión anterior: 19 de julio de 2013.

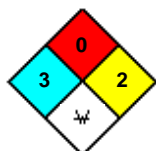
Versión: 1.2

Modificaciones respecto a versión anterior: 20 de abril del 2016.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

ACIDO SULFURICO

Rótulo NFPA



Rótulos UN



Fecha Revisión: 27/12/2005

SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del Producto:	ACIDO SULFURICO
Sinónimos:	Aceite de vitriolo, Acido para baterías, Sulfato de hidrógeno, Acido de decapado, Espíritus de Azufre, Acido electrolito, Sulfato de dihidrógeno
Fórmula:	H2SO4
Número interno:	
Número UN:	1830 al 1832
Clase UN:	8
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

Teléfonos de Emergencia:

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES				
Componente	CAS	TWA	STEL	%
Acido Sulfurico	7664-93-9	0,2 mg/m3 como peso de la partícula toraxica. (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	50-100

Uso: En la manufactura de fosfato y sulfato de amonio. Otros usos importantes incluye la producción de rayón y fibras textiles, pigmentos inorgánicos, explosivos, alcoholes, plásticos, tintas, drogas, detergentes sintéticos, caucho sintético y natural, pulpa, papel, celulosa y catalizadores. Es usado en la refinación del petróleo, acero y otros metales. En electroplateado y como reactivo de laboratorio.

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Apariencia: Líquido aceitoso incoloro. Peligro. Corrosivo. Higróscopico. Reacciona con el agua. Puede ocasionar daños en riñones y pulmones, en ocasiones ocasionando la muerte. Causa efectos fetales de acuerdo a estudios con animales de laboratorio. Peligro de cancer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo con posibles quemaduras..

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Irritación, quemaduras, dificultad respiratoria, tos y sofocación. Altas concentraciones del vapor pueden producir ulceración de nariz y garganta, edema pulmonar, espasmos y hasta la muerte.
Ingestión:	Corrosivo. Quemaduras severas de boca y garganta, perforación del estómago y esófago, dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. En casos severos colapso y muerte. Durante la ingestión o el vómito se pueden broncoaspirar pequeñas cantidades de ácido que afecta los pulmones y ocasiona la muerte.
Piel:	Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Si son extensas pueden llevar a la muerte (shock circulatorio). Los daños dependen de la concentración de la solución de ácido sulfúrico y la

	duración de la exposición.
Ojos:	Es corrosivo y puede causar severa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor) Soluciones muy concentradas producen lesiones irreversibles, opacidad total de la córnea y perforación del globo ocular. Puede causar ceguera.
Efectos crónicos:	La repetida exposición a bajas concentraciones puede causar dermatitis. La exposición a altas concentraciones puede causar erosión dental y posibles trastornos respiratorios. El efecto crónico es la generación de cáncer.

SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar el método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito. Si éste se presenta en forma natural, suministre más agua. Buscar atención médica inmediatamente.
Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica inmediatamente.
Ojos:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Nota para los médicos:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

Punto de inflamación (°C):	N.A.
Temperatura de autoignición (°C):	N.A.
Limites de inflamabilidad (%V/V):	N.A.
Peligros de incendio y/o explosión:	No es inflamable, ni combustible, pero diluido y al contacto con metales produce hidrógeno el cual es altamente inflamable y explosivo. Puede encender materias combustibles finamente divididas. Durante un incendio se pueden producir humos tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden explotar durante un incendio si están expuestos al fuego o por contacto con el agua por la alta liberación de calor.
Medios de extinción:	Usar el agente de extinción según el tipo de incendio del alrededor. No use grandes corrientes de agua a presión. Use polvo químico seco, espuma tipo alcohol, dióxido de carbono.
Productos de la combustión:	Dióxido de azufre y trióxido de azufre los cuales son irritantes y tóxicos.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión:	Mantener alejado de materiales combustibles finamente divididas y de metales. Evitar el contacto con agua porque genera calor. Mantener retirado de materiales incompatibles.
Instrucciones para combatir el fuego:	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si usa agua (agua en forma de rocío) para apagar el fuego del alrededor evitar que haga contacto con el ácido. Mantenerse a favor del viento. Si es posible, retirarlo del fuego.

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar el material. Contener el derrame con diques hechos de arena, tierras diatomáceas, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en alcantarillas, sótanos y corrientes de agua. No adicionar agua al ácido. Neutralizar lentamente, con ceniza de soda, cal u otra base. Después recoger los productos y depositar en contenedores con cierre hermético para su posterior

disposición.

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo:	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la formación de vapores o neblinas de ácido. Cuando diluya adicione el ácido al agua lentamente. Nunca realice la operación contraria porque puede reaccionar violentamente.
Almacenamiento:	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar porque puede haberse acumulado hidrógeno en tanques metálicos que contengan ácido. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser resistentes a la corrosión. Disponer en el lugar de elementos para la atención de emergencias.

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL

Controles de ingeniería:	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavaojos.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Protección de los ojos y rostro:	Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y protector facial completo si el contacto directo con el producto es posible.
Protección de piel:	Guantes, botas de caucho, ropa protectora de cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo
Protección respiratoria:	Respirador con filtro para vapores ácidos.
Protección en caso de emergencia:	Respirador de acuerdo al nivel de exposición. Traje de caucho, nitrilo, butadieno, cloruro de polivinilo, polietileno, teflón, caucho de butilo, o vitón. En contracción no conocida use traje encapsulado.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia, olor y estado físico:	Líquido aceitoso incoloro o café. Inodoro, pero concentrado es sofocante e higroscópico.
Gravedad específica (Agua=1):	1.84(98%), 1.4(50%).
Punto de ebullición (°C):	274 (100%), 280(95%)
Punto de fusión (°C):	3 (98%); -64(65%).
Densidad relativa del vapor (Aire=1):	3.4
Presión de vapor (mm Hg):	Menor de 0.3 /25°C, 1.0 / 38°C
Viscosidad (cp):	21 / 25°C.
pH:	0.3 (Solución acuosa 1 N).
Solubilidad:	Soluble en agua y alcohol etílico (descompone en este último).

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química:	Descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. El producto reacciona violentamente con el agua, salpicando y liberando calor.
Condiciones a evitar:	Calor, humedad, incompatibles.
Incompatibilidad con otros materiales:	Reacciona vigorosamente en contacto con el agua. Es incompatible además con Carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, nitratos, picratos, acetatos, materias orgánicas, acrilonitrilo, soluciones alcalinas, percloratos, permanganatos, acetiluros, epíclorhidrina, anilina, etilendiamina,

alcoholes con peróxido de hidrógeno, ácido clorosulfónico, ácido fluorhídrico, nitrometano, 4-nitrotolueno, óxido de fósforo, potasio, etilenglicol, isopreno, estireno.

Productos de descomposición peligrosos:

Vapores Tóxicos de óxido de azufre cuando se calienta hasta la descomposición. Reacciona con el agua o vapor produciendo vapores tóxicos y corrosivos. Reacciona con carbonatos para generar gas dióxido de carbono y con cianuros y sulfuros para formar el venenoso gas cianuro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno respectivamente.

Polimerización peligrosa: No ocurre polimerización.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Las propiedades toxicológicas son dadas para la sustancia pura.

DL50 (oral, ratas)= 2140 mg/Kg.

LC50 (inhalación, conejillo de indias) = 18 mg/m³.

LC50/2H (inhalación, rata) = 510 mg/m³.

LC50/2H (inhalación, ratón) = 320 mg/m³.

El producto (forma de neblina) se ha clasificado como : cancerígeno humano categoría 1 (IARC); sospechoso como cancerígeno humano, grupo A2 (ACGIH), carcinógeno OSHA. Se reportan efectos teratogénicos y mutagénicos en animales de laboratorio. Se considera un irritante primario. No existe información disponible sobre efectos neurotóxicos y reproductivos.

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Perjudicial para todo tipo de animales

Toxicidad acuática:

LC50/48H(agua aireada, camarón)=80-90ppm/48h. Condiciones de bioensayo no especificada. CL50/48H Camarón adulto, agua salada=42.5-48 ppm. Condiciones de bioensayo no especificadas. En el agua el producto se disuelve rápidamente, produciendo una disminución de la viscosidad, facilitando su difusión en cuerpos de agua. A pH 6 y pH menor a 5, aumenta la concentración de iones calcio (provenientes de rocas y suelos). El ácido sulfúrico reacciona con el calcio y magnesio presentes para producir sulfatos.

Es considerado tóxico para la vida acuática.

En el suelo el producto puede disolver algunos minerales como calcio y magnesio, deteriorando las características de estos.

En la atmósfera el producto puede removerse lentamente por deposición húmeda. En el aire puede ser removido por deposición en seco.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Neutralizar las sustancia con carbonato de sodio o cal apagada. Descargar los residuos de neutralización a la alcantarilla. Una alternativa de eliminación es considerar la técnica para cancerígenos, la cual consiste en hacer reaccionar dicromato de sodio con ácido sulfúrico concentrado (la reacción dura aproximadamente 1-2 días). Debe ser realizado por personal especializado. La incineración química en incinerador de doble cámara de combustión, con dispositivo para tratamiento de gases de chimenea es factible como alternativa para la eliminación del producto.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. No transporte con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos. Grupo de empaque: II.

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.

2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.

4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.

5. Ministerio de Justicia. Ley 30 de 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.

Ministerio de Justicia. Resolución 0009 del 18 de febrero de 1987. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 0031 de junio 13 de 1991. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 007 de 1992. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0001 del 30 de enero de 1995 por el cual se adiciona la resolución 09 de 1987. Mediante las cuales se establecen regulaciones para aquellas sustancias que puedan utilizarse para el procesamiento de drogas que producen dependencia.

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular

Bibliografía

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

HIDROXIDO DE SODIO

Rótulo NFPA



Rótulos UN



Fecha Revisión: 21/03/2005

SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del Producto:	HIDROXIDO DE SODIO
Sinónimos:	Soda cáustica (anhídrica), Soda cáustica en escamas, Cáustico blanco, Lejía, Hidrato de sodio.
Fórmula:	NaOH
Número interno:	
Número UN:	1823 Sólido
Clase UN:	8
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.

Teléfonos de Emergencia:

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES

Componente	CAS	TWA	STEL	%
Hidróxido de sodio	1310-73-2	N.R. (ACGIH 2004)	C 2 mg/m3 (ACGIH 2004)	99-100

Uso: Neutralización de ácidos, refinación del petróleo, producción de papel, celulosa, textiles, plásticos, explosivos, removedor de pinturas, limpiador de metales, electroplateado, limpiadores comerciales y domésticos, pelado de frutas y verduras en la industria de alimentos.

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

VISIÓN GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Peligro. Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con agua ácidos y otros materiales. Causa quemaduras a piel y ojos. Puede ocasionar irritación severa de tracto respiratorio y digestivo con posibles quemaduras. En casos crónicos puede producir cáncer en el esófago y dermatitis por contacto prolongado con la piel.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Irritante severo. Los efectos por la inhalación del polvo o neblina varían desde una irritación moderada hasta serios daños del tracto respiratorio superior, dependiendo de la severidad de la exposición. Los síntomas pueden ser estornudos, dolor de garganta o goteo de la nariz. Puede ocurrir neumonía severa.
Ingestión:	Corrosivo!. La ingestión puede causar quemaduras severas de la boca, garganta y estómago. Pueden ocurrir severas lesiones tisulares y muerte. Los síntomas pueden ser sangrado, vómitos, diarrea, caída de la presión sanguínea. Los daños pueden aparecer algunos días después de la exposición.
Piel:	Corrosivo! El contacto con la piel puede causar irritación o severas quemaduras y cicatrización en las exposiciones mayores.

Ojos:	Produce irritación con dolor, enrojecimiento y lagrimeo constante. En casos severos quemaduras de la córnea e incluso ceguera.
Efectos crónicos:	Contacto prolongado produce dermatitis, fisuras e inflamación de la piel. Puede causar cáncer al esófago.

SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.
Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica
Ojos:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Colocar una venda esterilizada. Buscar atención médica.
Nota para los médicos:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO

Punto de inflamación (°C):	N.A.
Temperatura de autoignición (°C):	N.A.
Limites de inflamabilidad (%V/V):	N.A.
Peligros de incendio y/o explosión:	No es combustible pero en contacto con agua puede generar suficiente calor para encender combustibles. El material caliente o fundido puede reaccionar violentamente con agua. El contacto con algunos metales genera hidrógeno el cual inflamable y explosivo. Durante un incendio se forman gases tóxicos y corrosivos.
Medios de extinción:	No usar medios de extinción halogenados ni chorro de agua a presión. Utilizar un agente adecuado al fuego circundante.
Productos de la combustión:	Óxido de Sodio.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión:	Evitar el contacto con metales, combustibles y humedad. Mantener los contenedores cerrados. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosiones y resistentes a la corrosión.
Instrucciones para combatir el fuego:	Evacuar o aislar el área de peligro. Eliminar todos los materiales combustibles de la zona. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Refrigerar los contenedores con agua en forma de rocío. Si los contenedores están cerrados, retirarlos del área de peligro.

SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. No permitir que caiga en fuentes de agua y alcantarillas. Los residuos deben recogerse con medios mecánicos no metálicos y colocados en contenedores apropiados para su posterior disposición.

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo:	Utilizar los elementos de protección personal así sea muy corta la exposición o la actividad que realizar con la sustancia; mantener estrictas normas de higiene. No fumar ni beber en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en dónde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar.
----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. En recipientes no metálicos, preferiblemente a nivel del piso. Señalizar adecuadamente. Rotular los recipientes adecuadamente.

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL

Controles de ingeniería: Ventilación local para mantener la concentración por debajo de los límites de salud ocupacional. Debe disponerse de duchas y estaciones lavaojos.

EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

Protección de los ojos y rostro: Gafas de seguridad con protector lateral.

Protección de piel: Careta, guantes, overol de PVC y botas de caucho.

Protección respiratoria: Respirador con filtro.

Protección en caso de emergencia: Equipo de respiración autocontenido (S.C.B.A) y ropa de protección TOTAL resistente a la corrosión.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia, olor y estado físico: Sólido blanco inodoro en forma de escamas.

Gravedad específica (Agua=1): 2.13 / 25°C

Punto de ebullición (°C): 1390

Punto de fusión (°C): 318

Densidad relativa del vapor (Aire=1): N.R.

Presión de vapor (mm Hg): 42.0 / 999°C

Viscosidad (cp): 4 a 350 °C.

pH: 14 (solución 5%)

Solubilidad: Soluble en agua, alcohol y glicerol.

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad química: Estable bajo condiciones normales de almacenamiento y manipulación. No se polimeriza. Es sensible a la humedad o exposición excesiva al aire.

Condiciones a evitar: Calor, llamas, humedad e incompatibles.

Incompatibilidad con otros materiales: El contacto con ácidos y compuestos halogenados orgánicos, especialmente tricloroetileno, puede causar reacciones violentas. El contacto con nitrometano u otros compuestos nitro similares produce sales sensibles al impacto. El contacto con metales tales como aluminio, magnesio, estaño o cinc puede liberar gas hidrógeno (inflamable). Reacciona rápidamente con varios azúcares para producir monóxido de carbono. Reacciona con materiales inflamables.

Productos de descomposición peligrosos: Cuando este material se calienta hasta la descomposición puede liberar óxido de sodio.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá.

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

Quemaduras severas por ingestión y contacto. Puede provocar desprendimiento del epitelio conjuntival y corneal.

LDLo oral conejo= 0.5 g/kg (en solución al 10%).

Irritación de los ojos y la piel: el hidróxido de sodio ha sido extensivamente estudiado en animales porque este tiene la habilidad de causar severos daños a la piel y a los ojos.

Los factores que determinan la extensión y reversibilidad de el daño incluye el estado físico, la concentración, la cantidad involucrada y la duración del contacto. Los efectos pueden variar de una irritación mediana a severa corrosión con destrucción del tejido, incluyendo la ceguera y la muerte.

Toxicidad inhalación: Exposición de ratas a aerosoles formados a partir del hidróxido de sodio en solución (5 a 40%) resulta en irritación significativa del tracto respiratorio.

Es considerado como no carcinogeno por ACGIH, NIOSH; NTP, OSHA e IARC.

No existe información disponible relacionada con efectos de tipo teratogénico, mutagénico o neurotóxico.

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Peligroso para la vida acuática aún en bajas concentraciones. Mortal para peces a partir de 20 mg/L. Toxicidad peces: LC10 = 25 ppm/24H/Trucha de arroyo/Agua fresca. DBO= ninguno. No biodegradable.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN

Debe tenerse presente la legislación ambiental local vigente relacionada con la disposición de residuos para su adecuada eliminación.

Los residuos de este material pueden ser llevados a un relleno sanitario legalmente autorizado para residuos químicos, previa neutralización.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE

Etiqueta blanca-negra de sustancia corrosiva. No transportar con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua puedan desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias incompatibles ni alimentos.

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional.

2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga.

4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales.

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

Bibliografía

Sección 1. Identificación

Identificador SGA del producto	: Milli-Q Water
Nombre químico	: agua
Otros medios de identificación	: agua destilada, de conductividad o de igual grado de pureza
Tipo del producto	: Líquido.
Código del producto	: 1880790
SDS #	: 3892
Fórmula química	: H ₂ O
Número de CAS	: 7732-18-5

Usos relevantes identificados de la sustancia o mezcla y usos en los que se aconseja no usar

No aplicable.

Datos sobre el proveedor	: Thermo Fisher Scientific Pierce Biotechnology P.O. Box 117 Rockford, IL 61105 United States 815.968.0747 or 800.874.3723 7 AM - 5 PM Central Time (GMT -06:00)
---------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Número de teléfono de emergencias (con horas de funcionamiento)	: CHEMTREC: 800.424.9300 Toll-Free Mexico: 01.800.681.9531 Outside US: 703.527.3887
------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------

Sección 2. Identificación de los riesgos

Estado OSHA/ HCS	: Aunque este material no es considerado como peligroso por la Norma de Comunicación de Riesgos de la OSHA (29 CFR 1910.1200), esta FDS contiene información valiosa crítica para una manipulación segura y un uso correcto del producto. Esta FDS debe ser conservada y estar disponible para los empleados y otros usuarios de este producto.
-------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Clasificación de la sustancia o mezcla	: No clasificado.
-----------------------------------------------	-------------------

Elementos de las etiquetas del SGA

Palabra de advertencia	: Sin palabra de advertencia.
Indicaciones de peligro	: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Consejos de prudencia	
Prevención	: No aplicable.
Intervención	: No aplicable.
Almacenamiento	: No aplicable.
Eliminación	: No aplicable.
Peligros no clasificados en otra parte	: No se conoce ninguno.

Sección 3. Composición e información sobre los ingredientes

Sustancia/preparado	: Sustancia
Nombre químico	: agua
Otros medios de identificación	: agua destilada, de conductividad o de igual grado de pureza

Número CAS/otros identificadores

Número CAS : 7732-18-5

Nombre de ingrediente	%	Número CAS
agua	98 - 100	7732-18-5

Si alguna concentración se presenta como un rango, es para proteger la confidencialidad o debido a variación en los lotes.

No hay ningún ingrediente adicional presente que, bajo el conocimiento actual del proveedor y en las concentraciones aplicables, sea clasificado como de riesgo para la salud o el medio ambiente y por lo tanto deban ser reportados en esta sección.

Los límites de exposición laboral, en caso de existir, figuran en la sección 8.

Sección 4. Primeros auxilios

Descripción de los primeros auxilios necesarios

Contacto con los ojos	: Enjuagar los ojos inmediatamente con mucha agua, levantando ocasionalmente los párpados superior e inferior. Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselas. Obtenga atención médica si se produce irritación.
Inhalación	: Transportar la víctima al aire libre y mantenerla en reposo en una posición que le facilite la respiración. Obtenga atención médica si se presentan síntomas.
Contacto con la piel	: Lave la piel contaminada con suficiente agua. Quítese la ropa y calzado contaminados. Obtenga atención médica si se presentan síntomas.
Ingestión	: Lave la boca con agua. Transportar la víctima al aire libre y mantenerla en reposo en una posición que le facilite la respiración. Si se ha ingerido el material y la persona expuesta está consciente, proporcione cantidades pequeñas de agua para beber. No inducir al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico. Obtenga atención médica si se presentan síntomas.

Síntomas/efectos más importantes, agudos o retardados

Efectos agudos potenciales en la salud

Contacto con los ojos	: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Inhalación	: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Contacto con la piel	: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Ingestión	: No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

Signos/síntomas de sobreexposición

Contacto con los ojos	: Ningún dato específico.
Inhalación	: Ningún dato específico.
Contacto con la piel	: Ningún dato específico.
Ingestión	: Ningún dato específico.

Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y, en su caso, de tratamiento especial

Notas para el médico	: Tratar sintomáticamente. Contactar un especialista en tratamientos de envenenamientos inmediatamente si se ha ingerido o inhalado una gran cantidad.
Tratamientos específicos	: No hay un tratamiento específico.
Protección del personal de primeros auxilios	: No se tomará ninguna medida que implique algún riesgo personal o que no contemple el entrenamiento adecuado.

Vea la sección 11 para la Información Toxicológica

Sección 5. Medidas de extinción de incendios

Medios de extinción

Medios apropiados de extinción : Use un agente de extinción adecuado para el incendio circundante.

Medios no apropiados de extinción : No se conoce ninguno.

Peligros específicos del producto químico : En caso de incendio o calentamiento, ocurrirá un aumento de presión y el recipiente estallará, con el riesgo de que ocurra una explosión.

Productos de descomposición térmica peligrosos : Ningún dato específico.

Medidas especiales que deben tomar los equipos de lucha contra incendios : En caso de incendio, aisle rápidamente la zona evacuando a todas las personas de las proximidades del lugar del incidente. No se tomará ninguna medida que implique algún riesgo personal o que no contemple el entrenamiento adecuado.

Equipo de protección especial para los bomberos : Los bomberos deben llevar equipo de protección apropiado y un equipo de respiración autónomo con una máscara facial completa que opere en modo de presión positiva.

Sección 6. Medidas a tomar en el transcurso de derrames accidentales

Precauciones personales, equipo protector y procedimiento de emergencia

Para personal de no emergencia : No se tomará ninguna medida que implique algún riesgo personal o que no contemple el entrenamiento adecuado. Evacuar los alrededores. No deje que entre el personal innecesario y sin protección. No toque o camine sobre el material derramado. Llevar puestos equipos de protección individual adecuados.

Para el personal de respuesta a emergencias : Si fuera necesario usar ropa especial para hacer frente al derrame, se tomará en cuenta la información de la Sección 8 sobre los materiales adecuados y no adecuados. Consultar también la información bajo "Para personal de no emergencia".

Precauciones ambientales : Evite la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas. Informe a las autoridades pertinentes si el producto ha causado contaminación medioambiental (alcantarillas, canales, tierra o aire).

Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos

Derrame pequeño : Detener la fuga si esto no presenta ningún riesgo. Retire los envases del área del derrame. Diluir con agua y fregar si es soluble en agua. Alternativamente, o si es insoluble en agua, absorber con un material seco inerte y colocar en un contenedor de residuos adecuado. Disponga por medio de un contratista autorizado para la disposición.

Gran derrame : Detener la fuga si esto no presenta ningún riesgo. Retire los envases del área del derrame. Evite la entrada en alcantarillas, canales de agua, sótanos o áreas reducidas. Lave los derrames en una planta de tratamiento de aguas residuales o proceda tal como se indica a continuación. Detener y recoger los derrames con materiales absorbentes no combustibles, como arena, tierra, vermiculita o tierra de diatomeas, y colocar el material en un envase para desecharlo de acuerdo con las normativas locales (ver la Sección 13). Disponga por medio de un contratista autorizado para la disposición. Nota: Véase la Sección 1 para información de contacto de emergencia y la Sección 13 para eliminación de desechos.

Sección 7. Manejo y almacenaje

Precauciones que se deben tomar para garantizar una manipulación segura

Medidas de protección : Use el equipo de protección personal adecuado (vea la Sección 8).

Orientaciones sobre higiene ocupacional general : Está prohibido comer, beber o fumar en los lugares donde se manipula, almacena o trata este producto. Las personas que trabajan con este producto deberán lavarse las manos y la cara antes de comer, beber o fumar. Quitar la ropa contaminada y el equipo de protección antes de entrar a las áreas de comedor. Véase también la Sección 8 acerca de la información adicional sobre las medidas higiénicas.

Sección 7. Manejo y almacenaje

- Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibilidades** : Conservar de acuerdo con las normas locales. Almacenar en el contenedor original protegido de la luz directa del sol en un área seca, fresca y bien ventilada, separado de materiales incompatibles (ver Sección 10) y comida y bebida. Mantener el contenedor bien cerrado y sellado hasta el momento de usarlo. Los envases que han sido abiertos deben cerrarse cuidadosamente y mantenerse en posición vertical para evitar derrames. No almacenar en contenedores sin etiquetar. Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.

Sección 8. Controles de exposición/protección personal

Parámetros de control

Limites de exposición laboral

Ninguno.

- Controles técnicos apropiados** : Una ventilación usual debería ser suficiente para controlar la exposición del obrero a los contaminantes aerotransportados.
- Control de la exposición medioambiental** : Emisiones de los equipos de ventilación o de procesos de trabajo deben ser evaluados para verificar que cumplen con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente. En algunos casos será necesario el uso de eliminadores de humo, filtros o modificaciones del diseño del equipo del proceso para reducir las emisiones a un nivel aceptable.

Medidas individuales de protección

- Medidas higiénicas** : Lave las manos, antebrazos y cara completamente después de manejar productos químicos, antes de comer, fumar y usar el lavabo y al final del período de trabajo. Usar las técnicas apropiadas para remover ropa contaminada. Lavar las ropas contaminadas antes de volver a usarlas. Verifique que las estaciones de lavado de ojos y duchas de seguridad se encuentren cerca de las estaciones de trabajo.

- Protección ojos/cara** : Equipo protector ocular que cumpla con las normas aprobadas debe ser usado cuando una evaluación del riesgo indique que es necesario para evitar toda exposición a salpicaduras del líquido, lloviznas, gases o polvos. Si existe la posibilidad de contacto con el producto se debe usar el siguiente equipo de protección, a menos que la evaluación del riesgo exija un grado superior de protección: gafas de seguridad con protección lateral.

Protección cutánea

- Protección de las manos** : Guantes químico-resistentes e impenetrables que cumplen con las normas aprobadas deben ser usados siempre que se manejen productos químicos si una evaluación del riesgo indica que es necesario.
- Protección del cuerpo** : Antes de utilizar este producto se debe seleccionar equipo protector personal para el cuerpo basándose en la tarea a ejecutar y los riesgos involucrados y debe ser aprobado por un especialista.
- Otro tipo de protección para la piel** : Antes de manipular este producto se debe elegir el calzado apropiado y cualquier otra medida adicional de protección de la piel basadas en la tarea que se realice y los riesgos asociados, para lo cual se contará con la aprobación de un especialista.
- Protección respiratoria** : Use un respirador purificador de aire o con suministro de aire, que esté ajustado apropiadamente y que cumpla con las normas aprobadas si un avalúo del riesgo indica es necesario. La selección del respirador se debe basar en el conocimiento previo de los niveles, los riesgos de producto y los límites de trabajo de seguridad del respirador seleccionado.

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Apariencia

- Estado físico** : Líquido. [Líquido claro y chispeante.]
- Color** : Incoloro.
- Olor** : Inodoro.
- Umbral del olor** : No disponible.
- pH** : 7
- Punto de fusión** : 0°C (32°F)

Sección 9. Propiedades físicas y químicas

Punto de ebullición	: 100°C (212°F)
Punto de Inflamación	: [El producto no mantiene la combustión.]
Tiempo de Combustión	: No aplicable.
Velocidad de Combustión	: No aplicable.
Índice de evaporación	: 0.36 ((n-BUTYL ACETATE=1) = 1)
Inflamabilidad (sólido, gas)	: No disponible.
Límites máximo y mínimo de explosión (inflamabilidad)	: No disponible.
Presión de vapor	: 3.2 kPa (23.8 mm Hg) [temperatura ambiente]
Densidad de vapor	: 0.62 [Aire= 1]
Densidad relativa	: 1
Solubilidad	: Fácilmente soluble en los siguientes materiales: agua fría, agua caliente, metanol y acetona.
Solubilidad en agua	: No disponible.
Coefficiente de partición octanol/agua	: -1.38
Temperatura de autoignición	: No disponible.
Temperatura de descomposición	: No disponible.
TDAA	: No disponible.
Viscosidad	: Dinámico (temperatura ambiente): 1 mPa·s (1 cP)

Sección 10. Datos sobre la estabilidad y la reactividad

Reactividad	: No existen resultados específicos de ensayos respecto a la reactividad del este producto o sus ingredientes.
Estabilidad química	: El producto es estable.
Posibilidad de reacciones peligrosas	: En condiciones normales de almacenamiento y uso, no ocurre reacción peligrosa.
Condiciones que deben evitarse	: Ningún dato específico.
Materiales incompatibles	: Ningún dato específico.
Productos de descomposición peligrosos	: Bajo condiciones normales de almacenamiento y uso, no se deben producir productos de descomposición peligrosos.

Sección 11. Información toxicológica

Información sobre efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

No disponible.

Irritación/Corrosión

No disponible.

Sensibilización

No disponible.

Mutagenicidad

No disponible.

Carcinogenicidad

No disponible.

Sección 11. Información toxicológica

Grado de riesgo

Nombre de producto o ingrediente	OSHA	IARC	NTP
agua	Ninguno.	-	-

Toxicidad reproductiva

No disponible.

Teratogenicidad

No disponible.

Toxicidad sistémica específica de órganos diana (exposición única)

No disponible.

Toxicidad específica de órganos diana (exposiciones repetidas)

No disponible.

Peligro de aspiración

No disponible.

Información sobre las posibles vías de exposición : Vías de entrada previsibles: Oral, Dérmica, Inhalación.

Efectos agudos potenciales en la salud

Contacto con los ojos : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Inhalación : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Contacto con la piel : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Ingestión : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas

Contacto con los ojos : Ningún dato específico.
Inhalación : Ningún dato específico.
Contacto con la piel : Ningún dato específico.
Ingestión : Ningún dato específico.

Efectos inmediatos y retardados así como efectos crónicos producidos por una exposición a corto y largo plazo

Exposición a corto plazo

Efectos potenciales inmediatos : No disponible.
Efectos potenciales retardados : No disponible.

Exposición a largo plazo

Efectos potenciales inmediatos : No disponible.
Efectos potenciales retardados : No disponible.

Efectos crónicos potenciales en la salud

No disponible.

General : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Carcinogenicidad : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Mutagenicidad : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Teratogenicidad : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Efectos de desarrollo : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.
Efectos de fertilidad : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

Sección 11. Información toxicológica

Medidas numéricas de toxicidad

Acute toxicity estimates

No disponible.

Sección 12. Información sobre la ecología

Toxicidad

No disponible.

Persistencia y degradabilidad

No disponible.

Potencial de bioacumulación

Nombre de producto o ingrediente	LogP _{ow}	FBC	Potencial
agua	-1.38	-	bajo

Movilidad en el suelo

Coefficiente de partición tierra/agua (K_{oc}) : No disponible.

Otros efectos nocivos : No se conocen efectos significativos o riesgos críticos.

Sección 13. Consideraciones en el momento de la eliminación

Métodos de eliminación : Se debe evitar o minimizar la generación de desechos cuando sea posible. La eliminación de este producto, sus soluciones y cualquier derivado deben cumplir siempre con los requisitos de la legislación de protección del medio ambiente y eliminación de desechos y todos los requisitos de las autoridades locales. Disponga del sobrante y productos no reciclables por medio de un contratista autorizado para la disposición. Los residuos no se deben tirar por la alcantarilla sin tratar a menos que sean compatibles con los requisitos de todas las autoridades con jurisdicción. Los envases desechados se deben reciclar. Sólo se deben contemplar la incineración o el enterramiento cuando el reciclaje no sea factible. Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles. Los envases vacíos o los revestimientos pueden retener residuos del producto. Evite la dispersión del material derramado, su contacto con el suelo, el medio acuático, los desagües y las alcantarillas.

Sección 14. Información sobre el transporte

	Clasificación DOT	IATA
Número ONU	No regulado.	Not regulated.
Designación oficial de transporte según ONU	-	-
Clase(s) de peligro para el transporte	-	-
Grupo de embalaje	-	-

Sección 14. Información sobre el transporte

Peligros ambientales	No.	No.
Información adicional	-	-

Precauciones especiales para el usuario : **Transporte dentro de las premisas de usuarios:** siempre transporte en recipientes cerrados que estén verticales y seguros. Asegurar que las personas que transportan el producto conocen qué hacer en caso de un accidente o derrame.

Transporte a granel según el Anexo II del convenio MARPOL 73/78 y el código GRG (IBC) : No disponible.

Sección 15. Informaciones reglamentarias

Regulaciones Federales de EUA : **TSCA 8(a) CDR Exempt/Partial exemption:** Este material está listado o está exento.
Inventario de Sustancias de los Estados Unidos (TSCA 8b): Este material está listado o está exento.

Clean Air Act Section 112 (b) Hazardous Air Pollutants (HAPs) : No inscrito

Clean Air Act Section 602 Class I Substances : No inscrito

Clean Air Act Section 602 Class II Substances : No inscrito

DEA List I Chemicals (Precursor Chemicals) : No inscrito

DEA List II Chemicals (Essential Chemicals) : No inscrito

SARA 302/304

Composición/información sobre los componentes

No se encontraron productos.

SARA 304 RQ : No aplicable.

SARA 311/312

Clasificación : No aplicable.

Composición/información sobre los componentes

No se encontraron productos.

Reglamentaciones estatales

Massachusetts : Este material no está listado.

Nueva York : Este material no está listado.

New Jersey : Este material no está listado.

Pensilvania : Este material no está listado.

Inventario de Canadá : Este material está listado o está exento.

Regulaciones Internacionales

Sección 15. Informaciones reglamentarias

Listas internacionales	: Inventario de Sustancias de Australia (AICS): Este material está listado o está exento. Inventario de Sustancias Químicas de China (IECSC): Este material está listado o está exento. Inventario de Sustancias de Japón: Este material está listado o está exento. Inventario de Sustancias de Corea: Este material está listado o está exento. Inventario Malasia (Registro EHS): No determinado. Inventario de Químicos de Nueva Zelanda (NZIoC): Este material está listado o está exento. Inventario de Sustancias de Filipinas (PICCS): Este material está listado o está exento. Inventario de Taiwán (CSNN): No determinado.
Convención de Armas Químicas, Lista anexa I Sustancias químicas	: No inscrito
Convención de Armas Químicas, Lista anexa II Sustancias químicas	: No inscrito
Convención de Armas Químicas, Lista anexa III Sustancias químicas	: No inscrito

Sección 16. Datos complementarios

Hazardous Material Information System (Estados Unidos)

Salud	0
Chronic Health Hazard	
Inflamabilidad	0
Riesgos físicos	0

National Fire Protection Association (Estados Unidos)

Salud	0
Inflamabilidad	0
Inestabilidad/Reactividad Especial	

Es responsabilidad del cliente determinar el código de EPI de este material.

Atención: Las clasificaciones del sistema HMIS® (Sistema de Identificación de Materiales Peligrosos) están basadas en una escala de 0-4, en la cual 0 representa un mínimo de peligros o riesgos y el valor 4 representa peligros o riesgos significativos. A pesar de que la clasificación HMIS® no se exige en las Hojas de Datos de Seguridad bajo 29 CFR 1910.1200, el preparador puede decidir incluirla. Las clasificaciones del HMIS® se deben emplear con un programa que implemente totalmente el sistema HMIS®. HMIS® es una marca registrada de la Asociación Nacional de Pintura y Recubrimientos (NPCA). Los materiales HMIS® pueden ser adquiridos exclusivamente de J. J. Keller (800) 327-6868.

Reprinted with permission from NFPA 704-2001, Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response Copyright ©1997, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02269. This reprinted material is not the complete and official position of the National Fire Protection Association, on the referenced subject which is represented only by the standard in its entirety.

Copyright ©2001, National Fire Protection Association, Quincy, MA 02269. This warning system is intended to be interpreted and applied only by properly trained individuals to identify fire, health and reactivity hazards of chemicals. The user is referred to certain limited number of chemicals with recommended classifications in NFPA 49 and NFPA 325, which would be used as a guideline only. Whether the chemicals are classified by NFPA or not, anyone using the 704 systems to classify chemicals does so at their own risk.

Historial

Fecha de impresión	: 1/6/2014.
Fecha de emisión/Fecha de revisión	: 8/20/2013.
Fecha de la edición anterior	: No hay validación anterior.

Sección 16. Datos complementarios

Versión	: 1
Preparada por	: MSDS (Regulatory Specialist)
Explicación de Abreviaturas	: ETA = Estimación de Toxicidad Aguda FBC = Factor de Bioconcentración SGA = Sistema Globalmente Armonizado IATA = Asociación de Transporte Aéreo Internacional IBC = Contenedor Intermedio para Productos a Granel IMDG = Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas Log Kow = logaritmo del coeficiente de reparto octanol/agua MARPOL 73/78 = Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques, 1973 con el Protocolo de 1978. ("Marpol" = polución marina) ONU = Organización de las Naciones Unidas
Referencias	: No disponible.

☑ Indica la información que ha cambiado desde la edición de la versión anterior.

Aviso al lector

De lo que tenemos entendido, la información contenida es exacta. No obstante, el proveedor antedicho ni ninguna de sus subsidiarias asumen responsabilidad alguna en cuanto a la exactitud o integridad de la información contenida. La determinación final para determinar si el material sirve es la responsabilidad exclusiva del usuario. Todos los materiales pueden presentar peligros desconocidos y deben usarse con cautela. Si se describen ciertos peligros, no podemos garantizar que éstos sean los únicos que existan.

Anexo C

Planos

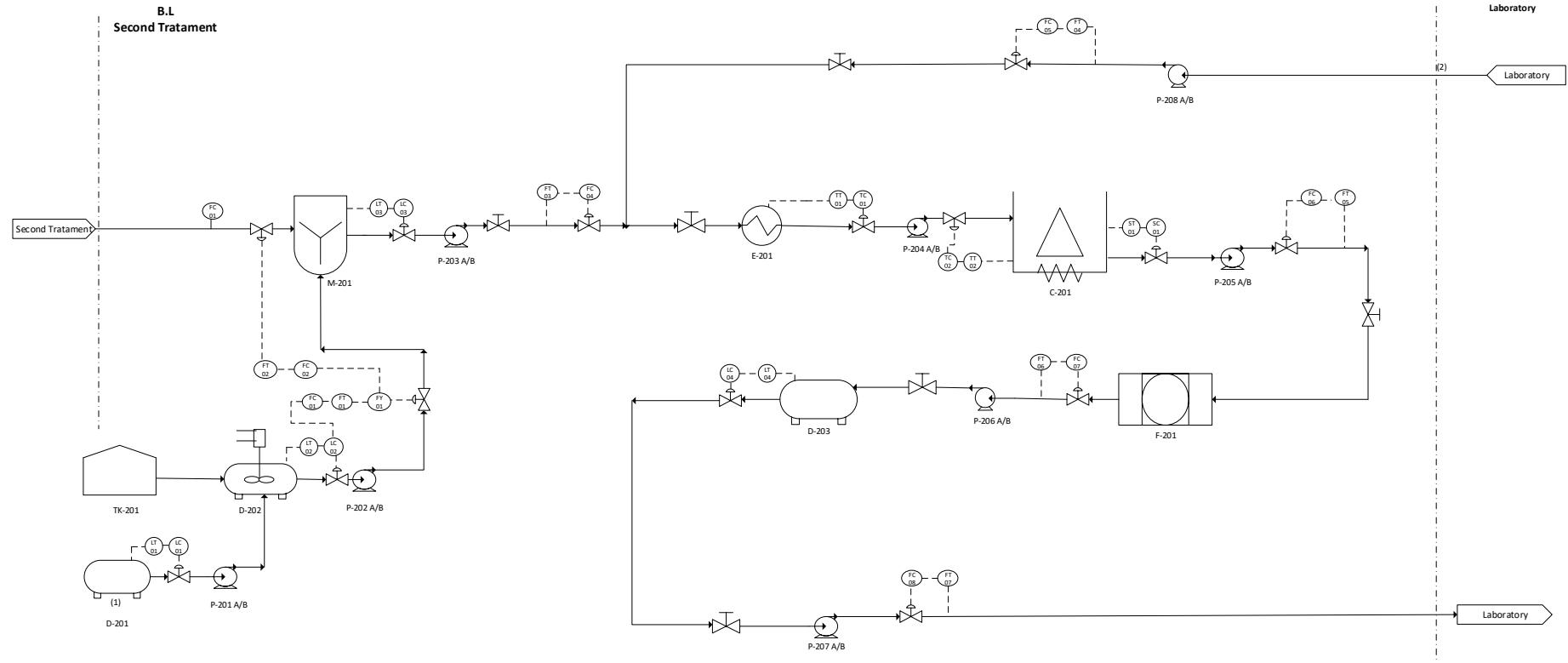
A continuación, se mostrarán los planos de la posible instalación a nivel industrial, tanto el PFD como los P&I.

TK-201 POLYMER FEED TANK D-201 MILIQ WATER FEED TANK	D-202 MIXER DEPOSIT D-203 TREATED WATER DEPOSIT	P-201 A/B PUMPS FEED IMPULSION OF MILIQ WATER P-203 A/B REFLUX PUMPS	P-202 A/B PUMPS FEED IMPULSION POLYMER DISSOLUTION P-204 A/B IMPULSE PUMP	P-205 A/B PUMP WITH CENTRIGUE WATER P-206 A/B PUMP WITH WATER TREATED	P-207 A/B IMPULSE TO THIRD TRATAMENT P-208 A/B IMPULSE FROM THIRD TRATAMENT	M-201 WATER MIXER WITH POLYMER DISSOLUTION C-201 CENTRIFUGATOR	E-201 SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGER F-201 FILTER
---------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

GENERAL NOTES

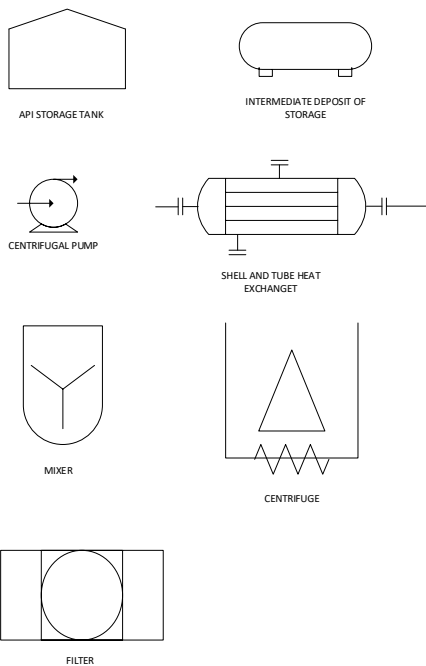
NOTES

- (1) MiliQ Water
- (2) After the water is treated and analyzed, the metal concentration is more higher than the concentration permit, this water go back to treated with the same procedement.

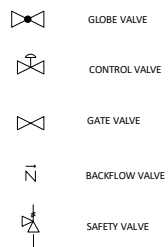


	BY	MSV	
	DATE		
REV	0	27/11/2018	A3-PFD-Metal removal
	1	12/12/2018	
	2		
	3		
	UNIT		
	CLIENT		
			MOJA 1 DE 1

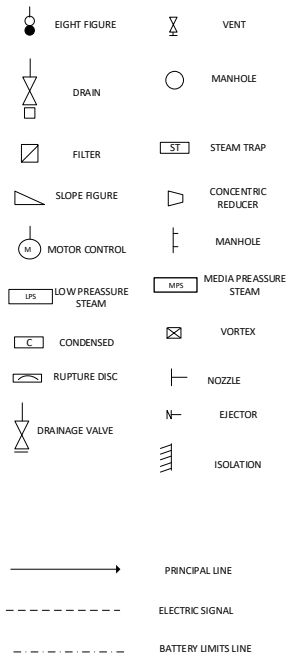
EQUIPMENT SYMBOLS



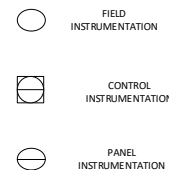
VALVES SYMBOLS



SYMBOLS OF PIPES AND ACCESSORIES



INSTRUMENTATION SYMBOLS



FIRST LETTER

F FLOW
P PRESSURE
T TEMPERATURE
L LEVEL
K TIME

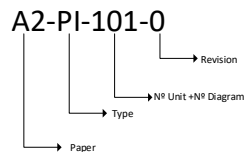
SECOND LETTER

I INDICATOR
T TRANSMITTER
A ALARM
S SAFETY
C CONTROL
X CALCULATE

THIRD LETTER

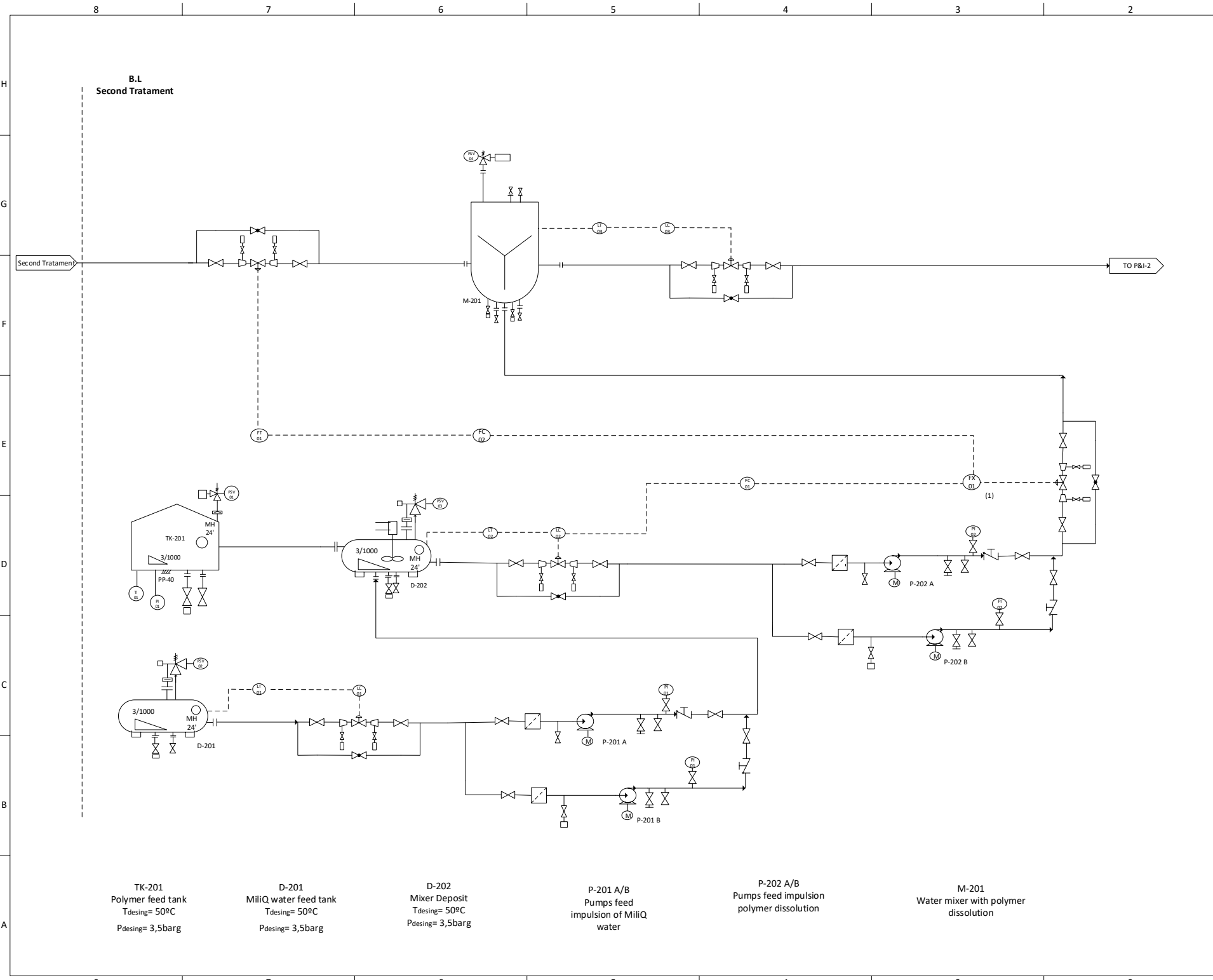
V VALVE
L LOW
H HIGH

DIAGRAMS NOMENCLATURE



NOMENCLATURE COMPOUNDS

	BY	MSV	
	DATE	23/11/2017	
REV	A3-P&I.0-1		
0	23/11/2017	UNIT	GREENPLA
1	30/11/2017	CLIENT	POLYMUVA
		HOJA	1 DE 1



B.L
Second Tratament

Second Tratament

GENERAL NOTES

NOTES

(1) A flow controller was placed between the flow of the polymer solution and the water flow, to send the same flow rate, the same proportion.

EQUIPMENT LIST

- TK-201
- D-201
- D-202
- P-201 A/B
- P-202 A/B
- M-201

TK-201
Polymer feed tank
T_{desing}= 50°C
P_{desing}= 3,5barg

D-201
MiliQ water feed tank
T_{desing}= 50°C
P_{desing}= 3,5barg

D-202
Mixer Deposit
T_{desing}= 50°C
P_{desing}= 3,5barg

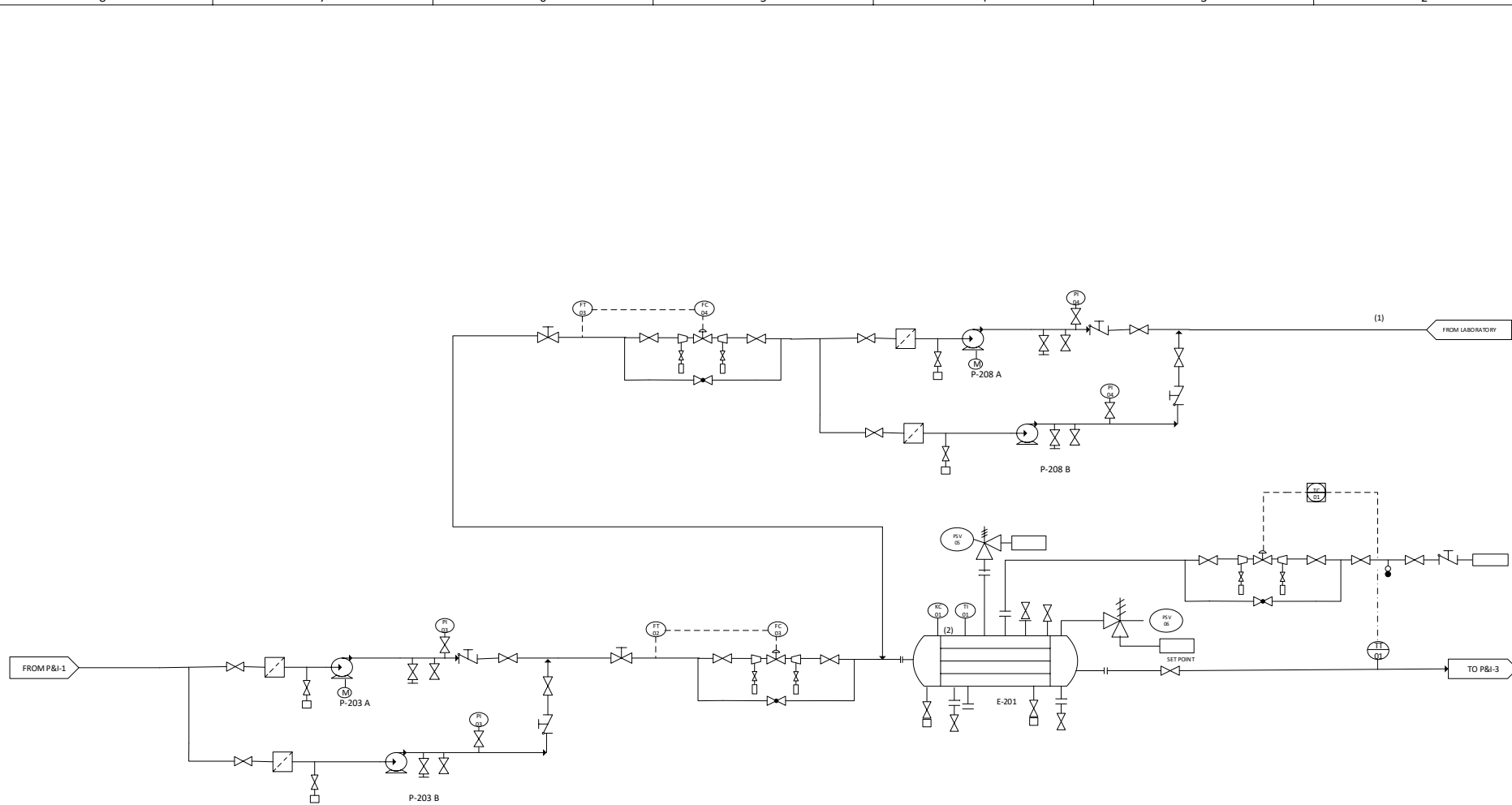
P-201 A/B
Pumps feed
impulsion of MiliQ
water

P-202 A/B
Pumps feed impulsion
polymer dissolution

M-201
Water mixer with polymer
dissolution

REV	0	28/11/2018	BY	MSV	DATE		
1	29/11/2018	A3-P&I-1					
2	11/12/2018					UNIT	CLIENT
3							

MOA 1 DE 1



P-203 A/B
Reflux pumps

E-201
Shell and tube heat exchanger
T_{desing} = 100 °C
P_{desing} = 3,5 barg

P-208 A/B
Impulse from third tratment

GENERAL NOTES

NOTES

- (1) After the water is treated and analyzed, the metal concentration is more higher than the concentration permit, this water go back to treated with the same procedement.
- (2) There is a time control, because the mixture must be 2 hours in the heat exchanger of the casing and the tube approximately.

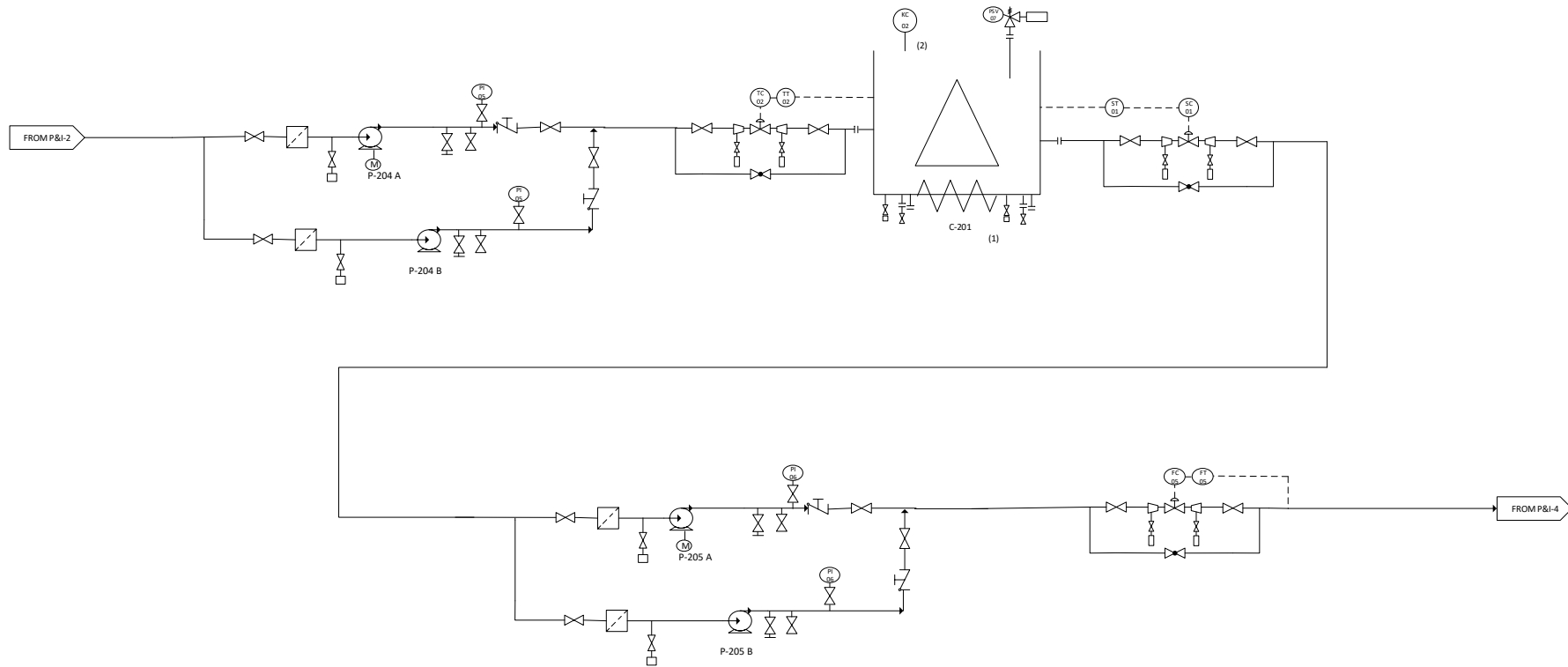
EQUIPMENT LIST

- P-203 A/B
- P-208 A/B
- E-201

REV	DATE	BY	MSV
0	28/11/2018		
1	29/11/2018		
2	27/12/2018		
3			

A3-P&I-2

UNIT	
CLIENT	
NOIA	1 DE 1



P-204 A/B
Impulse pumps

P-205 A/B
Pump with centrifuge
water

C-201
Centrifugator
T_{desing} = 70°C
P_{desing} = 3,5barg

GENERAL NOTES

NOTES

(1) In the centrifuge it must be at a high temperature so that when the solution comes from the exchanger and it is insoluble, it does not lose that temperature and precipitate as much as possible.

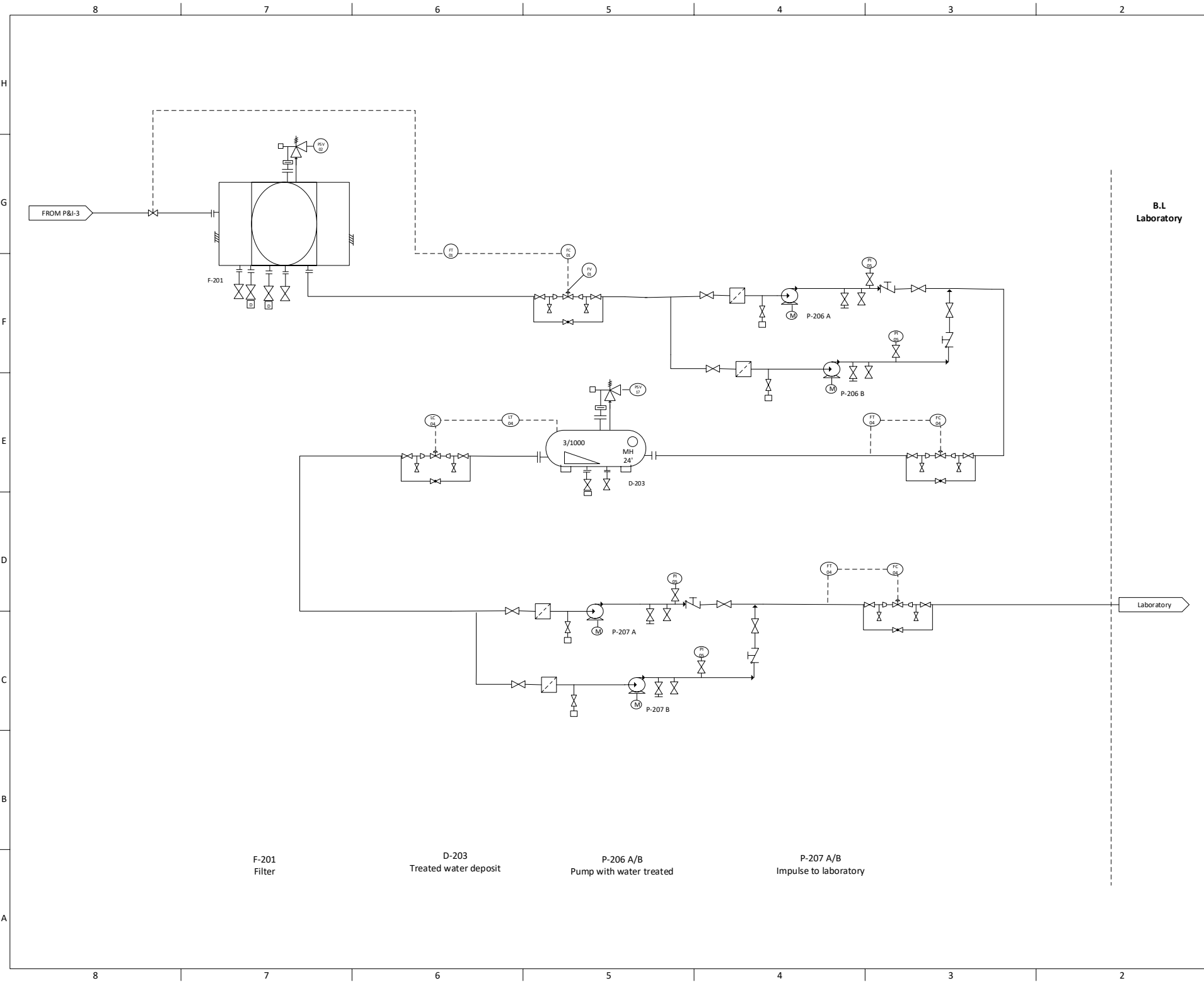
(2) There is a time control, because the heat mixture must be 10 minutes in the centrifuge approximately.

EQUIPMENT LIST

P-204 A/B
P-205 A/B
C-201

REV	DATE	BY	MSV
0	28/11/2018		
1	29/11/2018		
2	27/12/2018		
3			

A3-P&I-3	
UNIT	
CLIENT	
MOJA 1 DE 1	



F-201
Filter

D-203
Treated water deposit

P-206 A/B
Pump with water treated

P-207 A/B
Impulse to laboratory

GENERAL NOTES

NOTES

B.L
Laboratory

Laboratory

EQUIPMENT LIST

- P-206 A/B
- P-207 A/B
- F-201
- D-203

REV	BY	MSV	
0	28/11/2018		
1	29/11/2018		
2			
3			

A3-P&I-4	
UNIT	
CLIENT	
NOIA	1 DE 3